



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“CÁLCULO, DISEÑO Y PROCESO DE FABRICACIÓN DE
UN PLATO DE GARRAS”

Ismael Mendiguchía García

Miguel José Ugalde Barbería

Pamplona, 22 de febrero de 2012



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“CÁLCULO, DISEÑO Y PROCESO DE FABRICACIÓN DE
UN PLATO DE GARRAS”

MEMORIA

Ismael Mendiguchía García

Miguel José Ugalde Barbería

Pamplona, 22 de febrero de 2012

ÍNDICE

1.1-OBJETIVOS DEL PROYECTO	2
1.2- EL PLATO DE GARRAS.....	4
1.2.1- Tipos de plato de garras.....	4
1.2.3-Partes de un plato de garras.....	6
1.2.4- Montaje de un plato de garras.	11
1.3- HERRAMIENTAS A UTILIZAR EN EL PROYECTO.	15
1.3.1- El torno.....	15
1.3.2.- la fresadora	23
1.3.3- El generador gleason de engranajes cónicos.....	31
1.3.4- El control numérico y el control numérico computacional	33
1.3.5- El CAD.....	40
1.4- MATERIALES DE TRABAJO: LOS METALES FÉRREOS.	43
1.4.1- El hierro.....	43
1.4.2- Aleaciones hierro-carbono: aceros y fundiciones.....	44
1.4.3- Diagrama de equilibrio y de transformaciones.....	45
1.4.4- Propiedades mecánicas de los aceros.	49
1.4.5- Influencia de las inclusiones metálicas en las características mecánicas.	58
1.4.6- Suministro de los aceros.	58
1.4.7- Selección de los materiales.....	59
1.5- TRATAMIENTOS TÉRMICOS	60
1.5.1- El recocido.....	60
1.5.2- El temple.	61
1.5.3- El revenido.	73
1.5.4- Normalizado.....	76
1.5.5- Tratamientos seleccionados.	77
1.6- SELECCIÓN E IMPLANTACIÓN DE MÁQUINAS-HERRAMIENTAS CON CNC.	77
1.7-MECANIZADO.....	78
1.7.1-Mecanizado del bloque.....	81
1.7.2-Mecanizado garra.	94
1.7.3-Mecanizado de la corona.....	100
1.7.4-Mecanizado del piñón.....	108
1.8- ESTUDIO ECONÓMICO.	116
1.9- REFLEXIÓN FINAL.	119

1.1-OBJETIVOS DEL PROYECTO

El presente proyecto, como todos ellos, nace de la necesidad de responder a unas necesidades, reales o no. En este caso, se trata de planificar la producción de un conjunto mecánico desde la etapa de diseño, respondiendo a unas condiciones iniciales de diseño y de producción.

Este conjunto mecánico será un plato de garras autocentrante, para un torno de determinadas prestaciones y dimensiones. La elección de dicho conjunto radica en el hecho de que se trata de una pieza “clásica”; lo cual permite centrarse más en el cómo puede fabricarse y no tanto en cómo es en sí.

El proyecto deberá ser preciso para que responda por sí mismo a todas las dudas que pudieran surgir durante su fabricación, centrándose en los siguientes puntos:

-Elección de materiales:

Uno de los puntos más importantes en la fabricación de cualquier objeto es la elección de los materiales, ya que los resultados estarán directamente relacionados con ello. Debido a las características del plato de garras, los materiales se encontrarán siempre acotados entre tipos de aceros, pero no por ello será menos importante la elección que se haga para encontrar el equilibrio entre el precio y la respuesta a las necesidades.

-Selección de máquina-herramienta:

Este proyecto se centrará en la utilización de máquinas-herramienta, como tornos y fresadoras, controladas por CNC. De esta manera, podrá aplicar de manera más directa lo aprendido durante la carrera en las asignaturas de este departamento. Tendrá también un papel importante la utilización de herramientas informáticas actuales, como el CAD.

-Procesos:

Una vez conocido el diseño del conjunto, los materiales de los que está constituido y las herramientas que serán utilizadas; podrán definirse los diferentes procesos a los que someteremos al material para transformarlo en cada una de las piezas reflejadas en los planos.

Para la automatización de la producción, los procesos serán controlados por CNC con el objetivo de aumentar la velocidad de producción, la normalización y la calidad de ésta.

-Calidad y autocontrol. Condiciones de uso:

Para que el producto responda a las exigencias, se deberán definir las herramientas que serán utilizadas para controlar que la producción sea correcta y corregir a tiempo cualquier error que pueda surgir en cualquier momento. Así, el producto que llegue a los clientes estará exento de errores y evitará la pérdida de confianza que pueden provocar los errores en los suministros.

También serán definidas las condiciones en que debe ser utilizado, eximiendo de responsabilidad ante cualquier incidente provocado por un uso incorrecto o en condiciones extremas.

-Estudio económico:

Uno de los principales objetivos finales del presente proyecto será que sea económicamente viable. Tendrá que tener en cuenta tanto los costes derivados del proceso productivo, tales como materiales, coste de máquinas, salarios, etc.; como aquellos otros que pertenecen intrínsecamente a la economía (inflación, intereses, etc.).

CONDICIONES INICIALES:

Una determinada línea de producción de tornos paralelos requiere la fabricación en serie de platos de garras para un cabezal DIN 55027 de 160 mm de diámetro, además de repuestos de estos platos. La potencia de dichos tornos es de 15 kW y posee un régimen máximo de 4000 rpm.

1.2- EL PLATO DE GARRAS.

El plato de garras, al ser el conjunto cuyo proceso de fabricación es el tema del proyecto, debe ser analizado extensamente para observar los requisitos y los puntos más importantes para su fabricación.



Plato de garras sujetando una pieza de revolución.

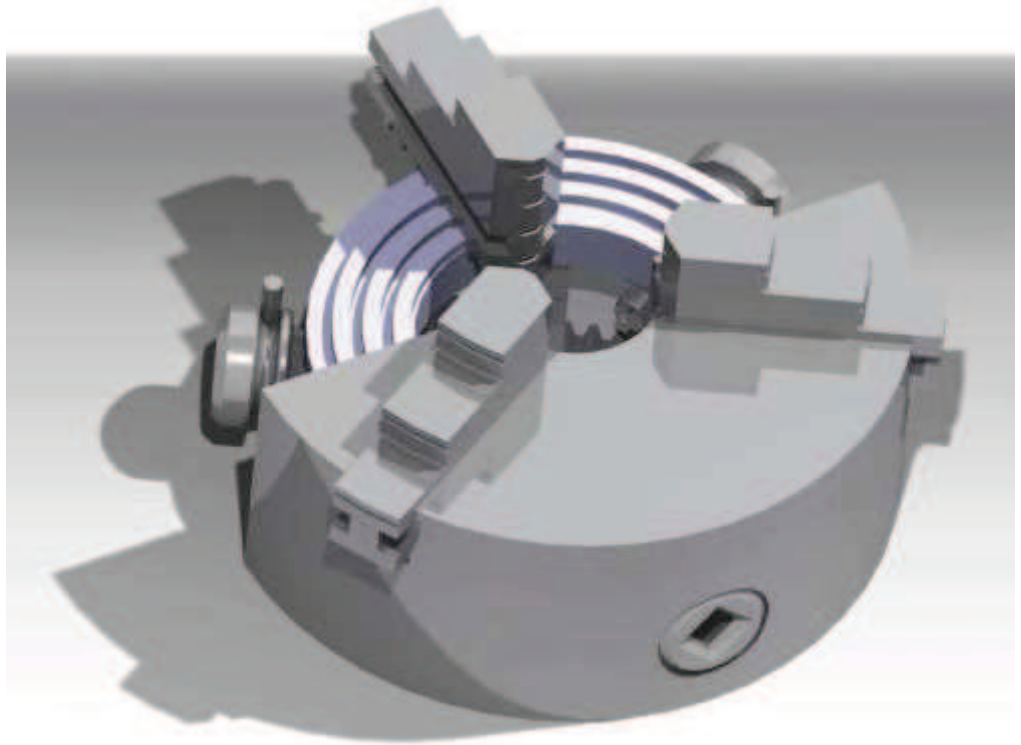
El plato de garras se sitúa en el cabezal fijo del torno y se encarga de la sujeción de la pieza que va a ser mecanizada. Por ello, un punto importante es la precisión en el cierre, ya que una incorrecta sujeción de la pieza provocará irremediablemente graves defectos en el producto debido a la excentricidad de la rotación.

1.2.1- Tipos de plato de garras.

Existen diversos tipos de platos de garras, y una primera diferenciación serían los platos manuales, en las que el operario abre y cierra las garras manualmente mediante una llave de sección cuadrada; y los platos automáticos, en los que la acción de abrir y cerrar las garras se realiza de manera totalmente automática, mediante un sistema hidráulico, por ejemplo; siendo este tipo más utilizado en la fabricación en serie. Este proyecto se centrará en los platos de garras manuales.

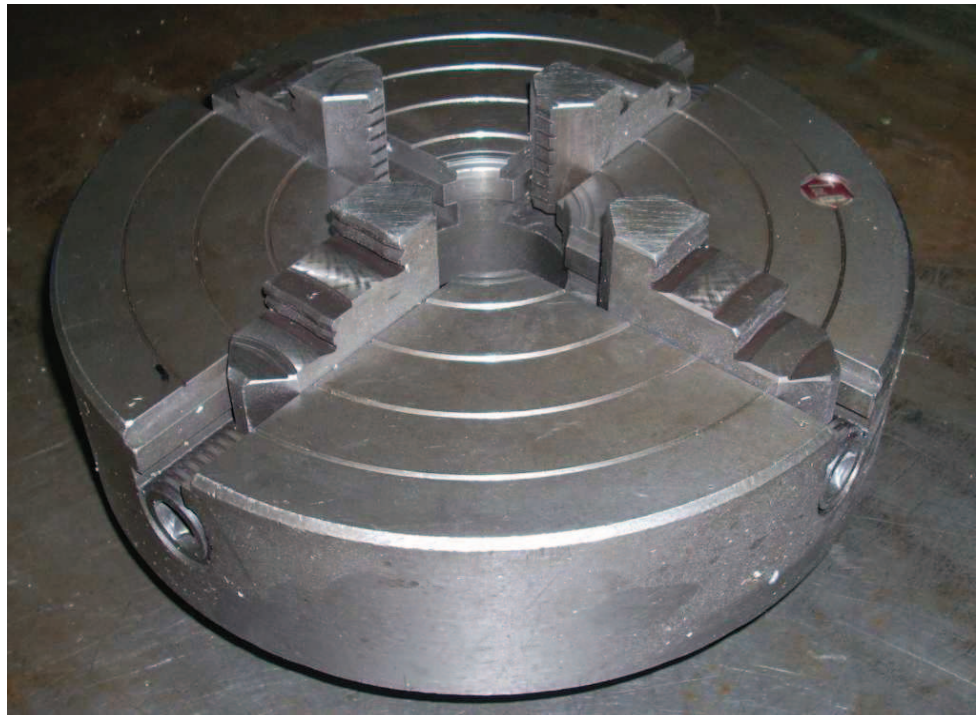
Entre los platos de garras manuales, existen dos grandes tipos: los platos de garras autocentrantes y los platos de garras independientes.

La característica principal de un plato de garras autocentrantes es que las garras se cierran o se abren al mismo tiempo, manteniendo siempre la misma distancia respecto al eje. Este movimiento se produce mediante el giro de unos piñones conectados a una corona, que está dotada de una espiral que produce el movimiento simultáneo en las tres garras.



Plato de garras autocentrantes con el bloque partido mediante un plano vertical, observándose los elementos citados (garras, corona y piñones) entre otros.

El plato de garras independientes difiere del anterior en su funcionamiento y sus componentes. La particularidad es que cada garra puede desplazarse hacia el interior o el exterior de manera independiente, de manera que ofrece más posibilidades en la sujeción (por ejemplo, puede sujetarse una pieza por una parte que no sea de revolución), pero su uso es más complejo y obliga a ser muy cuidadoso.



Plato de cuatro garras independientes.

Para permitir que cada garra se mueva sin afectar a las demás, cada garra está dotada de un tornillo sin fin. Se trata, por tanto, de un mecanismo relativamente sencillo.

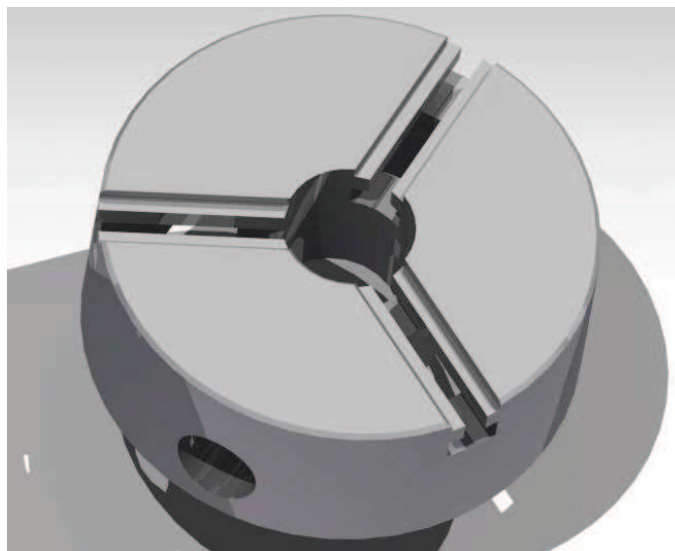
1.2.3-Partes de un plato de garras.

El plato de garras consta de las siguientes partes:

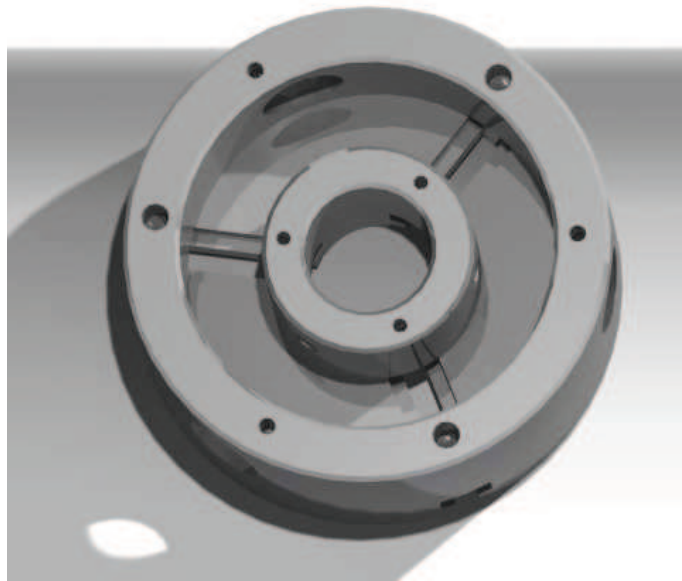
1.2.3.1- Bloque principal:

Es el elemento que forma la parte externa. Su función principal es la de alojar los demás elementos. Además, guía a las garras a través de sus tres ranuras, y hace de eje para la corona y los piñones.

Por otra parte, es también la parte sobre la que se fija al torno.



Vista de la parte anterior del bloque, sobre la que pueden apreciarse las ranuras que guían a los piñones y uno de los agujeros que alojan a los piñones.



Vista de la parte interior del bloque.

En algunos platos de garras (plato Taylor), que carecen de tornillos de fijación del piñón, el bloque se encuentra dividido en dos partes a través de un plano perpendicular al eje por el centro los agujeros que alojan a los piñones. De esta manera, los piñones se introducen cuando el bloque está abierto, y un estrechamiento en el extremo exterior del agujero hace de tope, de manera que cuando se unen las dos partes no es necesario utilizar más elementos de fijación que las dos partes del bloque. Éste método tiene la ventaja de que hace más sencilla la tarea de engranar los piñones con la corona.

1.2.3.2- Garras: son los elementos que están en contacto con la pieza que va a ser mecanizada. Ya que en este tipo de platos se han de introducir una a una, están numeradas de manera que, introduciéndose en el orden correcto, guardan siempre la misma distancia respecto al eje.



Garras duras exteriores monobloque.

La diferencia se encuentra, por tanto, en la distancia desde el primer diente hasta la esquina. La diferencia de esa distancia será, entre dos garras consecutivas,

1/3 del avance de la espiral de la corona. Dicho de otra manera, 1/3 de la distancia que avanzará la garra al imprimirle un giro a la corona.



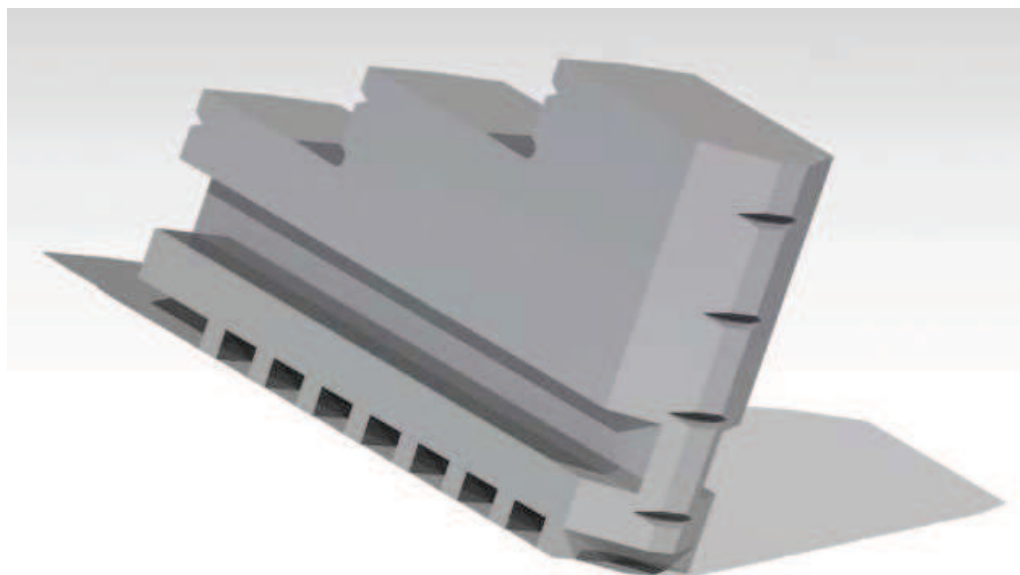
Detalle de las mismas garras que en la foto anterior. Puede apreciarse la variación del comienzo de la guía.

Existen varios tipos de garras respecto a varias clasificaciones. Las más importantes son:

- Según su orientación: dependiendo de la orientación del escalonamiento, podemos tener garras interiores (escalonamiento descende según se acerca al interior) y exteriores (escalonamiento asciende según se acerca al interior). Esto permite diferentes agarres, dependiendo de cuál sea la geometría en la zona de agarre de la pieza a mecanizar.

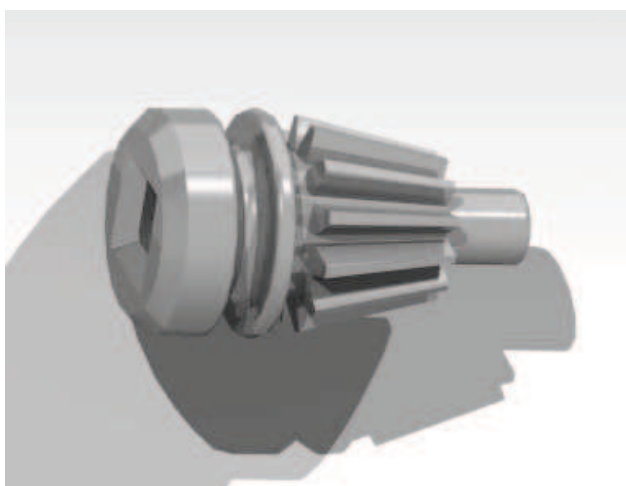
- Según su dureza: atendiendo a su dureza podemos encontrar garras duras y blandas. Éstas últimas se utilizan para materiales que podrían dañarse al ser sujetadas por garras duras. Además, pueden ser talladas con la geometría de la pieza a mecanizar.

- Según su constitución: las garras pueden presentarse de manera compacta como piezas únicas o pueden estar divididas en dos partes, una responsable de la guía y de recibir el desplazamiento producido por el giro de la corona y la otra parte sería la que estuviera en contacto con la pieza a mecanizar. En el primer caso, estaríamos hablando de unas garras monobloque y en el segundo de las denominadas garras partidas. Éstas últimas tienen la ventaja de que pueden transformarse fácilmente de garras interiores en exteriores y viceversa, sin necesidad siquiera de extraer las garras del plato.



Garra elegida como estándar del plato de garras producido: Garra dura exterior monobloque.

1.2.3.3- Piñones: Son los elementos encargados de recibir y transmitir el movimiento de apertura o cierre en primera instancia. Reciben el movimiento a través de una llave de sección cuadrada y la transmiten a la corona a través de un engranaje cónico, normalmente recto por ser más sencillo y tratarse un elemento que no transmite a altas revoluciones, por lo que no existen los problemas de ruido o vibraciones.



Piñón del plato de garras.

Consta también de una ranura por la que se introduce un pequeño vástago que actúa de fijación, denominado también “piñón prisionero”. Éste limita el grado de libertad que le queda al piñón al introducirse en el plato de garras, es decir, evita que el piñón salga despedido debido a la rotación del plato.

En el plato Taylor, antes mencionado, el piñón carece de esta ranura ya que no necesita un piñón de fijación, sino que al ser cónico queda “atrapado” dentro de las dos partes del bloque, sin necesidad de otro tipo de sujeción.

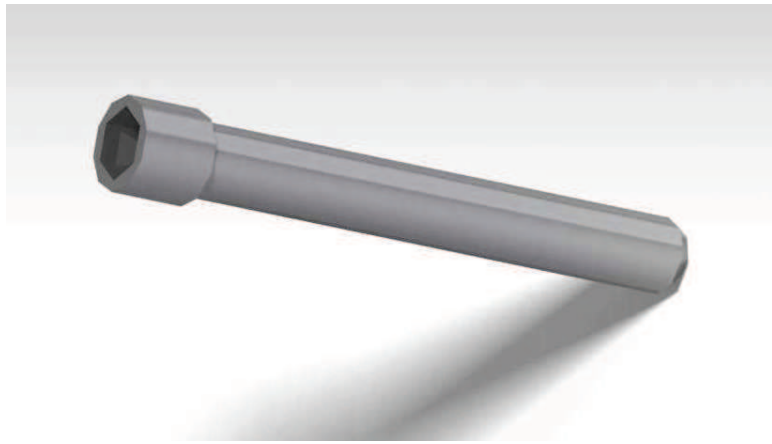
1.2.3.4- Corona: Es un elemento puramente de transmisión de la fuerza de cierre. Se divide claramente en dos partes. Por un lado, orientado hacia las garras, tiene una espiral que es la que transforma el movimiento de giro de la corona en movimiento de avance de las garras.



Por la otra parte, tiene un engranaje cónico que engrana con los piñones, siendo por tanto la parte que recibe el movimiento.



1.2.3.5- Tornillo de retención: su misión es restringir el movimiento longitudinal al piñón, de manera que permanezca fijo en su sitio. Tiene la parte superior roscada, que es donde se fija al torno, mientras que el vástago se introduce en la ranura del piñón, trabándolo.



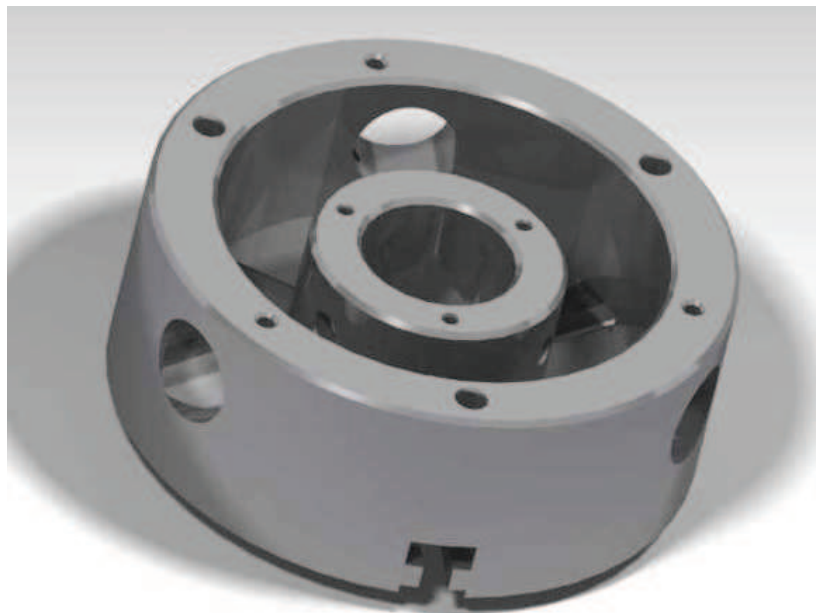
Tornillo de retención (sin roscar).

1.2.3.6- Tapa: Evita que entre suciedad al plato y lo cierra desde su parte posterior.

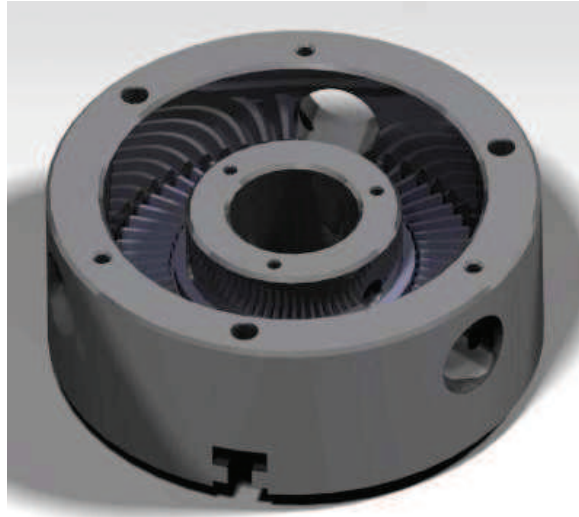
1.2.4- Montaje de un plato de garras.

Todas las operaciones de montaje del plato de garras independientes pueden ser realizadas a mano de manera sencilla. En este apartado se detallará el proceso de montaje del plato de garras objeto de este proyecto.

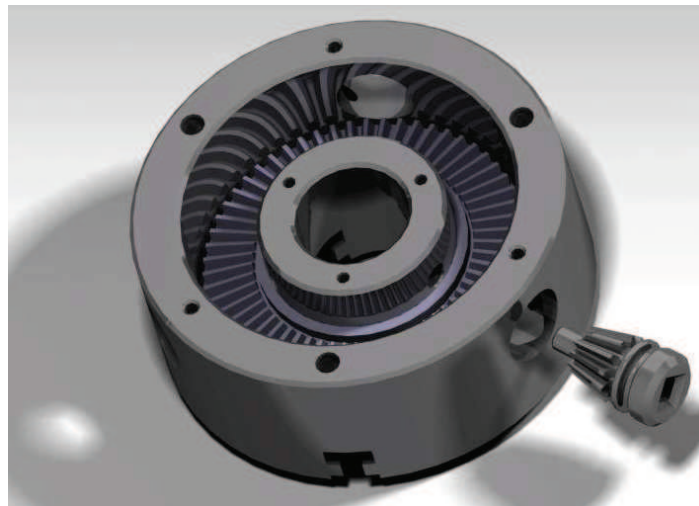
En primer lugar, se parte desde el bloque colocado horizontalmente con las ranuras hacia abajo.



Desde esta posición, se introduce la corona con la espiral hacia abajo.



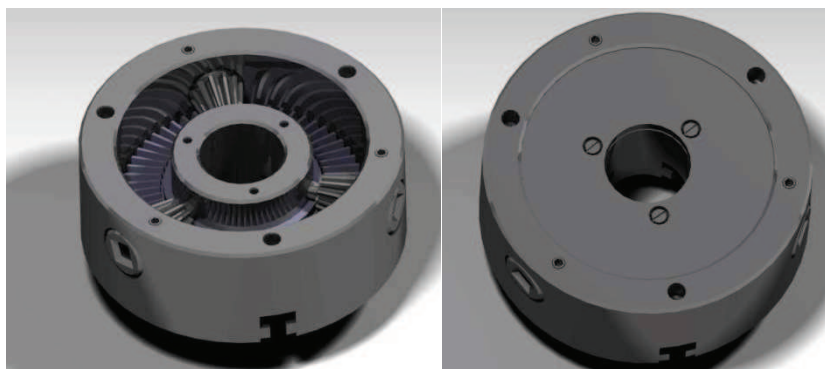
Se introduce el primer piñón de manera que engrane con la corona.



Cuando el piñón ha engranado correctamente y se encuentra en su posición, se asegura mediante el piñón prisionero. Para ello, se introduce hasta el comienzo de la cabeza y se rosca.

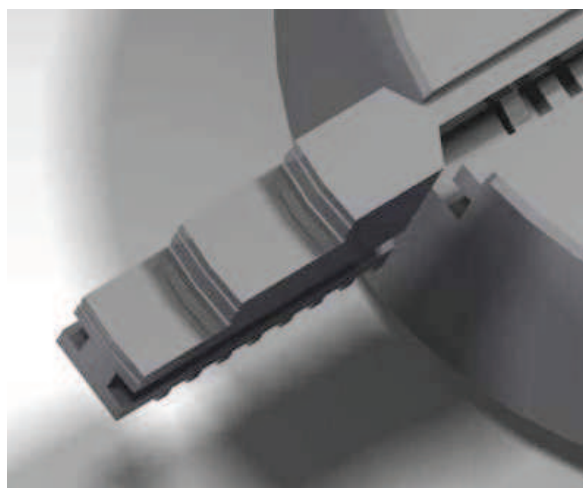


Se repite el proceso con los otros dos piñones. Tras terminar de asegurarlos, se coloca la tapa y se fija con tres tornillos M5 DIN 84.



Ahora, el plato de garras se deberá colocar con las ranuras hacia arriba, quedando solamente las garras para finalizar.

Con la llave en uno de los piñones, se gira hasta que por la ranura se vea el comienzo de la espiral, y se introduce la primera garra de manera que la primera de las ranuras de su base encaje con la espiral de la corona.

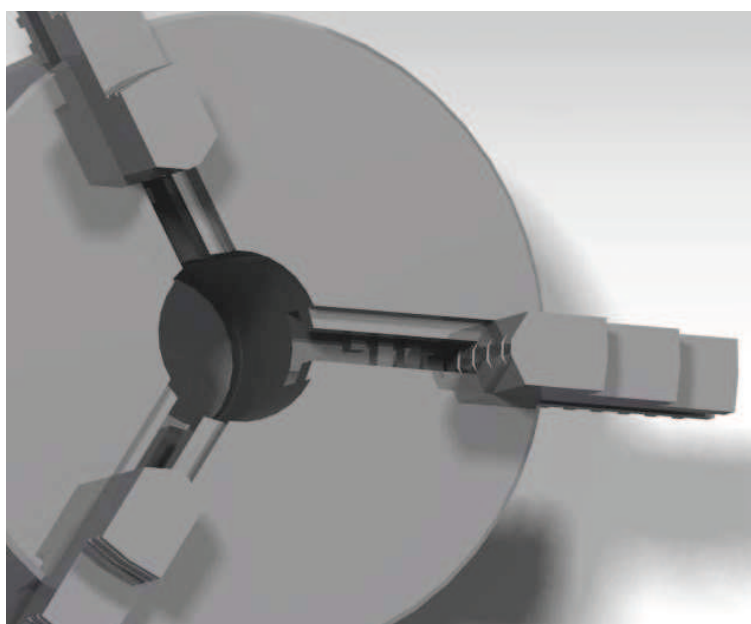


Una vez que el comienzo de la espiral ha pasado por la primera de las ranuras, la espiral se gira $\frac{1}{3}$ de vuelta en el sentido de cierre, durante el cual, obviamente, la primera garra avanzará $\frac{1}{3}$ del paso por vuelta y el comienzo de la espiral aparecerá en la siguiente ranura.



Introducción de la segunda garra.

Debido al desfase de las ranuras de la segunda garra, al entrar estará a la misma distancia del centro que la segunda garra. De la misma manera, la espiral se gira nuevamente $1/3$ de vuelta y se introduce la tercera garra.



A partir de ahora, las tres garras se moverán simultáneamente con el giro de la corona. El montaje del plato ha sido finalizado. Para su utilización, solo quedaría fijarlo a un contraplato para unirlo al torno.

1.3- HERRAMIENTAS A UTILIZAR EN EL PROYECTO.

Las máquinas-herramienta se encuentran entre las máquinas con un mayor potencial debido a su versatilidad. Aunque existen muchos otros tipos, nos centraremos sobre todo en las dos más universales: el torno y la fresadora.

1.3.1- El torno.

1.3.1.1-Historia del torno

El torno es una de las máquinas más antiguas. Antes de la aparición del torno de pedal y pértiga flexible hacia 1250, los únicos sistemas existentes eran el llamado arco de violín y un sistema de vaivén en el que mientras un operario trabajaba otro debía tirar alternativamente de los extremos de dos cuerdas enrolladas en el portaherramientas, trabajando únicamente cuando la pieza a tornear giraba en dirección al filo de la herramienta. El material de trabajo era principalmente la madera.



Un operario produce el movimiento de vaivén mediante los dos extremos de una cuerda.

En el sistema de arco de violín, el operario accionaba el torno mediante una cuerda arrollada al portaherramientas y unida a un arco de madera. En este caso el movimiento producido también era de vaivén, por lo que solo podía trabajarse mientras la pieza giraba hacia el filo.

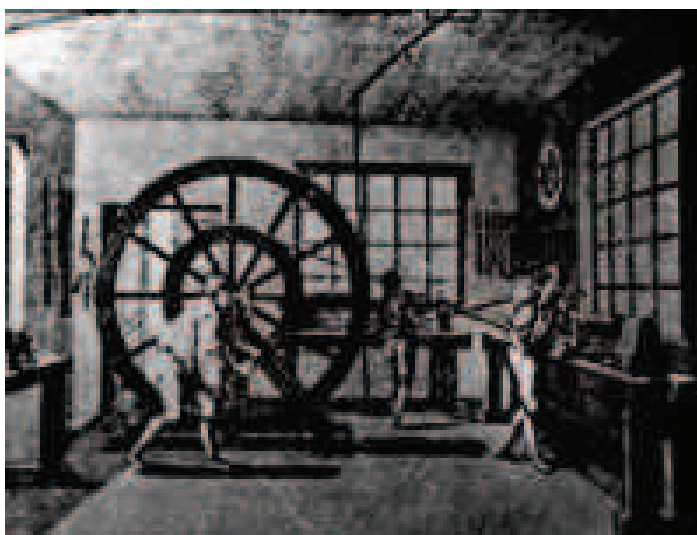


Mediante el movimiento del arco hacia atrás y hacia adelante, produce el giro necesario.

Como ya se ha señalado, hacia 1250 se produce un gran avance con la aparición del torno accionado mediante pedal y pértiga flexible. Su principal ventaja era que dejaba ambas manos libres al operario. Consistía en una vara elástica, sobre un torno donde se situaba la pieza a tornear entre puntos. Una cuerda arrollada a la pieza a tornear se ataba por uno de sus extremos a la vara, y por el otro extremo a un pedal de madera.

Al pisar el pedal, la pieza arrollada por la cuerda giraba hacia el corte de la herramienta y al aflojar el pie, la vara elástica, actuando como un resorte, la hacía volver a su posición originaria.

A principios del siglo XV nace por primera vez el torno accionado de manera continua, mediante una gran rueda que era accionada de manera manual, pero debido a que requería un gran esfuerzo su uso no se extendió demasiado. Este sistema funcionaba gracias a una transmisión por correa.



Gran rueda que acciona de manera continua el torno gracias a la transmisión por correa.

Leonardo Da Vinci, a finales del siglo XV, realizó bocetos sobre tornos que en aquel momento, dada la tecnología existente, resultaban imposibles de construir. Sin embargo, influyeron en los diseños de los siglos posteriores. En estos bocetos se describían tornos de roscado con movimiento alternativo, a pedal y un tercero para roscado con husillo patrón.



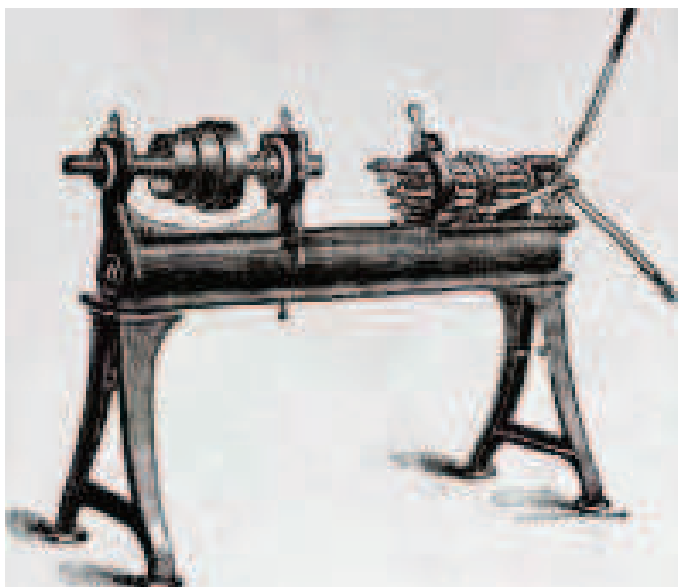
Hacia 1480, nace el torno accionado mediante biela-manivela, combinado con un volante de inercia para superar los puntos muertos, y estuvo en uso durante varios siglos. Se inicia con ello la mecanización de materiales no férreos como el latón, cobre o bronce.

En el siglo XVI se utiliza la propulsión hidráulica para un accionamiento continuo y un soporte de las herramientas para un corte preciso, y durante la Revolución Industrial se crean tornos capaces de mecanizar piezas de naturaleza férrea. En el siglo XVIII se desarrollan tornos pesados capaces de producir piezas en serie con precisión.

Hacia 1870, Jacques de Vaucanson construye un torno con un portaherramientas deslizante que se accionaba mediante un tornillo manual; y más tarde este diseño sería mejorado por Henry Maudslay y David Wilkinson. Uniendo el portaherramientas al usillo, consiguieron que la herramienta de corte avanzara a velocidad constante.

En 1820, Thomas Blanchard inventa un torno que mediante un palpador permitía copiar una figura patrón.

Hacia 1858 se inventa el torno revólver, que posee un cabezal giratorio que permite hacer cambios rápidos de herramienta con tan solo girar dicho cabezal, y a finales del siglo XIX se consigue hacer de manera automática.



Torno revólver

El torno automático fue inventado en 1870 y permitió la fabricación de grandes series, especialmente de tornillería. A partir de este momento se comienzan a desarrollar en paralelo los tornos revólver para series cortas y los tornos automáticos para grandes series.



Torno automático de fines del Siglo XIX, utilizado para la fabricación de grandes series.

Más tarde, en 1893 se presenta un torno automático con torreta de eje vertical, y en 1898 aparece en Estados Unidos un torno automático monohusillo, de gran influencia hasta nuestros días.

En 1910 se construyen los primeros tornos fabricados en España por Ramón Illarmendi.

A partir de entonces, el torno ha mantenido su diseño básico hasta hoy, a excepción de la implementación del control numérico.

1.3.1.2-El torno: descripción

El torno es una máquina-herramienta utilizada para mecanizar piezas de revolución arrancando viruta mediante una herramienta de corte que puede ser de acero al carbono, acero rápido, cerámica, diamante u otros...



Torno manual

Normalmente el movimiento de corte lo realiza la pieza girando sobre sí misma a altas revoluciones, gracias a la acción de un motor eléctrico que transmite su movimiento por un conjunto de poleas y engranajes.

La pieza a mecanizar es sujeta por el plato de garras, objeto de este proyecto.

El movimiento de avance está determinado por el movimiento de la herramienta de corte, que puede moverse longitudinalmente a la pieza (cilindrado) o transversalmente (refrentado). Este movimiento, junto con el giro de la pieza, determina la velocidad de corte.

Las partes básicas de un torno paralelo, el más sencillo, son las siguientes:

-La bancada: es el banco donde se colocan, sujetan o deslizan las demás partes del torno. Así pues, es el soporte de todos los mecanismos del torno. Está construida de hierro fundido, y en su parte superior cuenta con unas guías por las que se deslizan longitudinalmente el cabezal móvil o contrapunta y el carro portaherramientas.

-Cabezal: También denominado cabezal fijo, va sujeto a la bancada y transmite los movimientos más importantes a los demás mecanismos del torno. Suelen ser accionados por monopolea, es decir, reciben la transmisión directamente del motor acoplado por mediación de una sola polea.

Suelen estar equipados con una caja de velocidades, que mediante engranajes permiten seleccionar diferentes velocidades de giro del eje del cabezal.

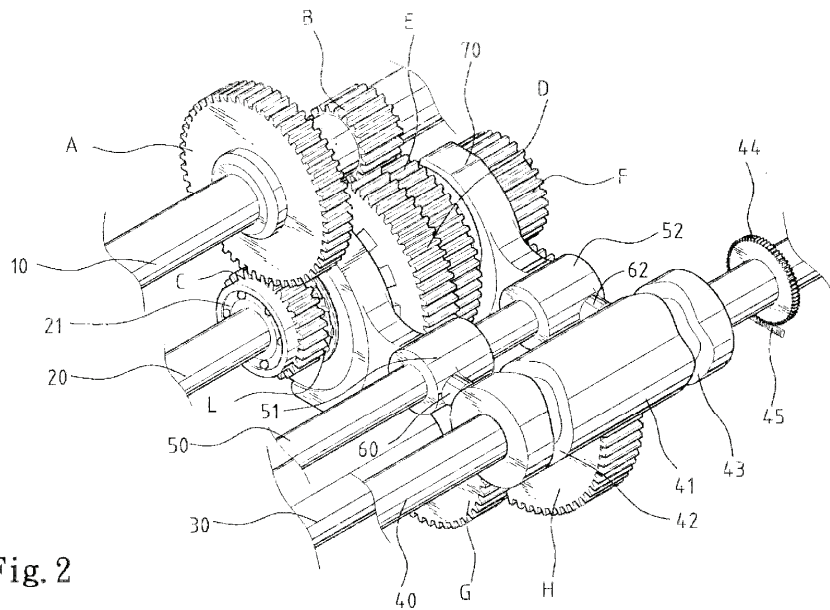


Fig. 2

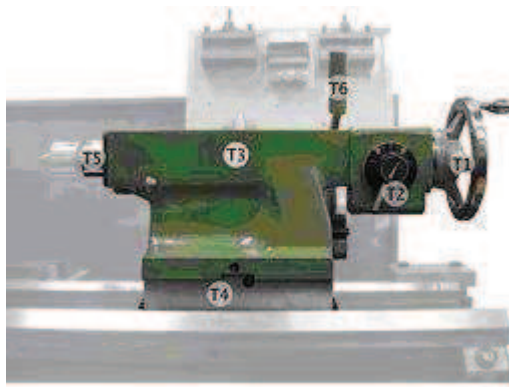
Caja de velocidades de un torno

El árbol principal o husillo del cabezal fijo es hueco, construido de acero templado y muy resistente al desgaste. Es el que recibe el movimiento del motor, a través de los engranajes y lo transmite a la pieza para hacerlo girar.

-Contracabezal: también llamado cabezal móvil, sirve para la sujeción de la pieza por el otro extremo y es utilizado como portaherramientas en las operaciones de taladrado, mandrinado, etc., realizadas en el torno. El cuerpo principal se denomina cuerpo del cabezal, que es donde se apoyan el resto de mecanismos. Está fabricado en hierro fundido y se apoya sobre las guías de la bancada, a la que puede sujetarse por medio del tornillo. Éste regula el juego transversal para una mayor posibilidad de alineación con respecto del centro del eje de la pieza.

En el interior del cabezal se aloja el punto, que puede desplazarse gracias a un husillo accionado por volante. El punto puede ser sustituido por una broca o un mandrino para taladrar y mandrinar.

La suela del cabezal se desliza sobre las guías del torno.



Contracabezal en el que se puede observar el punto (T5), el cuerpo del cabezal (T3), el volante (T1) y la suela del cabezal (T4).

-Portaherramientas: Su misión es sujetar perfectamente la herramienta de corte y producir los movimientos necesarios para el avance de la herramienta. Se compone de las siguientes partes:

- Torre portaherramientas: sujeta la herramienta gracias a los tornillos, y es importante que se realice de manera muy fuerte. Puede desplazarse en su sentido longitudinal y además girar sobre sí misma. La palanca de fijación de la torreta fija estos movimientos mientras la manivela y el carro adelantan o atrasan la posición de la torreta con respecto a su eje longitudinal.

- Carro transversal: Se mueve perpendicularmente a la pieza, produciendo el refrentado. Se desliza sobre guías por medio de la manivela o automáticamente.

- Carro principal o longitudinal: produce el movimiento de avance, mediante una cremallera fija a la bancada. El volante produce este movimiento a mano o por medio de un piñón que queda detrás de del delantal. Este delantal es la tapa de todos los mecanismos de accionamiento de la herramienta.



Portaherramientas del torno

-Mecanismos para el movimiento de la herramienta:

mediante dos volantes, pueden desplazarse el carro transversal y el longitudinal. También puede realizarse de manera automática, recibiendo el movimiento desde el cabezal fijo por medio de la barra ranurada.

1.3.1.3. Operaciones en el torno.

Dependen del tipo de movimiento, posición y forma de la herramienta. Los más comunes son los siguientes:

-Cilindrado de exteriores: Es la operación más básica del torno.

Consiste en conseguir superficies cilíndricas exteriores. Mientras la pieza a mecanizar gira hacia el filo de la herramienta, el portaherramientas se desplaza en la dirección del eje de la pieza.

-Refrentado: consiste en conseguir una superficie plana. La

herramienta se desplaza perpendicularmente a la pieza hacia el centro de la misma.

-Cilindrado de interiores: Consiste en vaciar el interior de una pieza

de manera cilíndrica. La herramienta tiene forma acodada para poder entrar dentro de la pieza. Hay que distinguirlo del mandrinado, en que mientras el cilindrado de interiores es de desbaste, el mandrinado es de acabado. Además, la herramienta utilizada es diferente.

-Torneado cónico: Consiste en la obtención de superficies cónicas

exteriores o interiores. Las herramientas a utilizar son exactamente las mismas que en el cilindrado, pero para ello hay que proceder de diferente manera. Las dos técnicas más utilizadas son producir un desplazamiento entre puntos (siempre que el desplazamiento no suponga una distancia superior a $1/50$ la longitud de la pieza) o bien inclinar el carro orientable siguiendo la generatriz del cono.

-Tronzado: sirve para cortar el material y también para hacer

ranuras. Al igual que en el refrentado, la herramienta se mueve de manera perpendicular al eje de la herramienta, pero la herramienta utilizada es diferente.

Al ser muy usual el hacer ranuras en el torno, esta aplicación tiene una gran cantidad de aplicaciones.

-Torneado de forma: se emplea para conseguir perfiles curvos más

o menos complicados. Para ello la herramienta tiene que tener el mismo perfil que el contorno deseado y mantener afilada su forma.

-Roscado: el torno puede mecanizar roscas tanto exteriores como interiores. Consiste en cortar un perfil arrollado en la pieza de manera que el material que quede sin cortar forme la rosca. Para ello se ha de coordinar el movimiento de avance de la herramienta con el de giro de la pieza, contando para ello con un mecanismo de coordinación.

1.3.2.- La fresadora

1.3.2.1- Historia de la fresadora.

Las primeras fresadoras aparecen en el siglo XVIII como una manera de perfeccionar la fabricación de engranajes, de manos de Jacques Vaucason que las fabricó manualmente utilizando el buril. Estas primeras fresadoras solían ser utilizadas en tornos accionados a pedal.

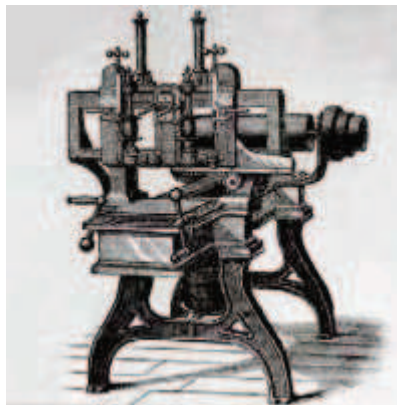
En 1818, Eli Whitney recibió el encargo de fabricar miles de fusiles para el gobierno de Estados Unidos, y para fabricarlos en serie fabricó la primera máquina de fresar.

En 1820 se construye una nueva fresadora en la que se aprecia un gran avance en la técnica de fresado, y ya en 1830 se construye una fresadora provista de un divisor para la fabricación de tornillos hexagonales.

Poco después “Gay & Silver” fabrica una fresadora totalmente metálica provista de un carro de reglaje verticas, con soporte para el husillo portaherramienta.

En 1848, Howe produce una fresadora más robusta y precisa, con polea de tres escalones, que tenía la posibilidad de realizar desplazamientos en sentido vertical, horizontal y transversal (ejes X, Y, Z).

Un año más tarde se construyó la fresadora “Lincoln”, que fue muy práctica y gozó de mucha popularidad.

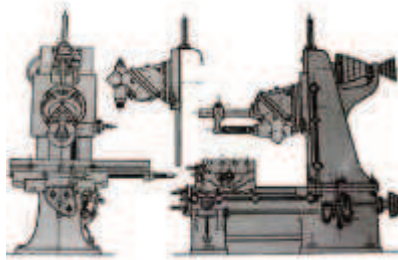


Hacia 1850, “Robbins & Lawrence” construye la primera fresadora copiadora de perfiles, diseñada por Howe.

En 1857, “Sharp, Stewart &Co” construye la primera fresadora vertical y en 1862 fabrica un nuevo modelo de doble montante.

Para solucionar el problema de la fabricación de engranajes helicoidales y rectos, Joseph R. Brown construye en 1862 la primera fresadora equipada con divisor universal, consola con desplazamiento vertical y avance automática de la mesa longitudinal.

En 1874 se diseña una fresadora de doble husillo vertical y horizontal, dispuestos a 90° y que era posicionable mediante giro manual.



Ya en 1884, la empresa “Cincinnati” construye una fresadora universal que incorpora un carnero cilíndrico, desplazable axialmente.

En 1894, R. Huré fabrica una fresadora que incorpora un cabezal universal con el cual, mediante previo giro, podía trabajar en diversas posiciones.

A finales del siglo XIX las fresadoras habían alcanzado su pleno desarrollo hasta la implementación del control numérico y el control numérico asistido por ordenador (CNC).



Ejemplo de una fresadora manual

1.3.2.2- Tipos de fresadora

-Fresadora horizontal: Se caracteriza porque el eje portafresas es paralelo a la mesa.



Fresadora horizontal

-Fresadora vertical: el husillo está colocado de manera que puede desplazarse verticalmente, de manera que puede fresar en esta dirección.



Fresadora vertical

-Fresadora universal: Son capaces de adoptar las dos formas, tanto vertical como horizontal, mediante la adición de diferentes accesorios. Debido a adaptabilidad de estas máquinas son las más comunes en los talleres.



Fresadora universal trabajando como vertical.

Cabe señalar que también puede hacerse una clasificación según el número de ejes. Además de las clásicas fresadoras de tres ejes (dos ejes perpendiculares en el plano horizontal y un eje vertical perpendicular a dicho plano), podemos añadir las de cuatro ejes, que suman un eje de rotación de la pieza; y hasta cinco ejes, en el eje de la herramienta puede cambiar su ángulo respecto a la mesa de trabajo (normalmente es de 90°. Esto permite la mecanización de geometrías muy complejas.

1.3.2.3- Descripción de la fresadora.

La fresadora puede dividirse en tres partes principales:

-Grupo del cuerpo o bastidor: contiene los mecanismos motores. Está constituido por una gran pieza de fundición gris que forma el cuerpo de la fresadora y sirve de soporte para todos los mecanismos de la máquina. Se apoya sobre el zócalo que le sirve de base y que generalmente forma un solo conjunto con el bastidor. En la parte superior se encuentra la corredera que se desplaza a lo largo de su eje. En su extremo va aplicada la luneta, que es el soporte del portafresas para evitar que sufra algún desplazamiento en su giro, evitando la oscilación producida por el esfuerzo de corte.

-Grupo eje principal o husillo y eje portafresa: acoplada al portafresa se fija la fresa. El eje portafresa va sujeto al husillo. El husillo o eje principal es una de las piezas más importantes de la máquina, que debe estar perfectamente ajustado y ser además robusto ya que soporta todos los esfuerzos producidos por la fresa. Si estuviera mal ajustado se producirían vibraciones que causan un trabajo defectuoso y un mal acabado. El husillo recibe el movimiento de la transmisión y provoca el giro del eje portafresas.

-La ménsula con sus mecanismos: la ménsula está dotada de un movimiento ascendente y descendente gracias a la manivela y al eje roscado. Soporta además la mesa sobre la que se coloca el material a trabajar. La pieza se sujeta mediante unas bridas que se colocan en unas ranuras en forma de T. La mesa se monta sobre el carro transversal y que está dotado de movimiento en el sentido perpendicular al eje mayor de la mesa mediante un volante. También está dotado de movimiento longitudinal en el sentido del eje mayor de la mesa por medio de unas manivelas situadas en los extremos opuestos y que pueden funcionar independientemente.

De esta manera, la fresadora puede adoptar una gran variedad de movimientos mediante el desplazamiento de la pieza en todas direcciones.

Las velocidades de rotación de la fresa y la de avance de la mesa se transmiten desde el motor a través de una caja de velocidades (reductora).

1.3.2.4- Operaciones con la fresadora: existen dos maneras de trabajar con la fresadora dependiendo de la posición de la herramienta y también del sentido de giro de la herramienta respecto a la pieza. La clasificación de estas operaciones es la siguiente:

-Según la posición de la herramienta:

-Fresado cilíndrico: El eje de la fresa se encuentra en un plano paralelo al plano horizontal de la pieza a mecanizar. La viruta adquiere forma de cuña y el esfuerzo que realizan los flancos no es uniforme en el tiempo, ya que debido a la geometría de corte, el diente realiza menos esfuerzo cuando está más cerca de la mesa de trabajo. Esta diferencia de esfuerzos se traduce en un acabado irregular en el que predominan las ondas.

-Fresado frontal: en el fresado frontal, la herramienta se coloca perpendicular a la superficie a mecanizar. La viruta es uniforme, ya que los esfuerzos de corte son menores y también uniformes en el tiempo. Esto produce unas garantías de acabado mejores. Por ello este tipo de fresado es más adecuado cuando se da la posibilidad de utilizar uno de los dos.

-Según el sentido de giro:

-Fresado “normal”: en él, el sentido de giro es opuesto a la dirección de avance. Es el método más común, ya que el espesor de la viruta según comienza a arrancar viruta es mínimo y aumenta progresivamente a medida que avanza el diente.

-Fresado “engullendo”: este sistema requiere ser aplicado sobre fresadoras estudiadas y diseñadas para trabajar en estas condiciones, ya que si no existen muchos inconvenientes por los golpes que produce en la herramienta. Estos golpes pueden deteriorar la pieza e incluso la fresadora. El sentido de giro de la herramienta es igual al sentido de avance. Se emplea en tipos de trabajo especiales donde deben usarse fresas muy delgadas, de manera que evite flexiones. Es importante señalar que el avance debe de ser muy pequeño.

1.3.2.5 Trabajo con la fresadora: el trabajo con la fresadora es normalmente sencillo ya que esta máquina está normalmente muy automatizada. Sin embargo, si requiere una vigilancia permanente a fin de que el trabajo se realice con normalidad, ya que de otra manera podrían provocarse en caso de descuido daños en la pieza, la máquina, sus accesorios, etc. (por ejemplo, taladrados en la mesa de trabajo).

Sí que adquiere mayor complejidad la preparación de la fresadora para sus operaciones. Para ello, es necesario saber calcular:

-La velocidad de corte: es la velocidad con la que la herramienta corta el material de trabajo. En el fresado la velocidad de corte es la velocidad periférica de los dientes de la fresa. Normalmente se da en m/min, es decir, el número de metros que recorre el filo de los dientes durante un minuto de marcha. Ésta velocidad depende del tipo de trabajo y del material a trabajar para cada tipo de fresa. También depende de la calidad de la fresa. Las velocidades de corte vienen dadas en tablas, las cuales se han construido en base a la experiencia práctica.

Para operaciones de desbastado la velocidad de corte será menor que para operaciones de acabado.

-El número de revoluciones: debe calcularse conociendo la velocidad de corte apropiada y el diámetro a través de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{1000 * v_c}{\pi * d}$$

Donde:

n: Número de revoluciones por minuto

v_c : Velocidad de corte (tablas)

d: diámetro exterior de la fresa

De esta manera, para un desbastado sobre un acero sin alear con una herramienta de diámetro 70 mm, las tablas ofrecen una velocidad recomendada de 17 m/min. Sustituyendo en la ecuación arroja un resultado de 676 rpm, por lo que seleccionaremos una velocidad de corte de 650 ó 700 rpm.

Es importante señalar que además del resultado de la operación se han de tener en cuenta las capacidades reales de la fresa. Por ejemplo, para materiales ligeros (como aluminio) y diámetros de fresa muy pequeños pueden salir velocidades de giro superiores a las que la fresadora puede ofrecer, al menos con seguridad.

-Velocidad de avance: normalmente se utiliza el avance americano, que viene dado en mm/min. Sin embargo, en las tablas suele aparecer como avance por revolución (mm/rev) o avance por diente (mm/(rev*diente)). En ese caso, no tendremos más que multiplicar el avance por el número de revoluciones en el primer caso o por el número de revoluciones y el número de dientes de la herramienta en el segundo para obtener el avance americano.

Conociendo la longitud a mecanizar, podremos obtener de manera sencilla el tiempo de mecanizado dividiéndola entre el avance americano.

$$\text{tiempo de mecanizado (min)} = \frac{\text{longitud a mecanizar}}{\text{avance americano}}$$

Para el avance, utilizaremos valores grandes para desbastar y valores pequeños para el acabado.

-Desbaste y acabado: para el fresado de superficies planas, normalmente nos vemos obligados a utilizar varias pasadas. Se comienza con una o varias operaciones de desbastado (dependiendo de la profundidad a mecanizar), en las que se utilizará una velocidad de avance máxima con un espesor mayor, y una final de acabado con un espesor y un avance pequeño (espesores de 0,05 a 1 mm). De esta manera, conseguiremos una calidad superficial mayor.

1.3.2.6- Lubricación: La lubricación es muy necesaria en esta máquina, a pesar de que los dientes de la herramienta no realizan un esfuerzo continuo. Se usan aceites solubles al agua al trabajar con materiales duros y aceites de corte para aceros muy duros. Cuando se trabaja sobre materiales que se desmenuzan fácilmente, como fundición, se puede trabajar en seco, aunque conviene una corriente de aire a presión para ayudar a desalojar la viruta.

1.3.2.7- Fijación de la pieza: En la fresadora, posee gran importancia la sujeción y fijación de la pieza para que el trabajo sea realizado de manera precisa y exacta. Un fallo mínimo en la sujeción, por ejemplo si la pieza a mecanizar se encuentra inclinada de más en cierto ángulo, provocará que la pieza a mecanizar sufra grandes defectos. Para ello, se disponen de tornillos, mordazas, platos, etc.

Las fresas están construidas para trabajar en total ausencia de vibraciones y esfuerzos añadidos. Una pequeña vibración provocará que la herramienta deba cortar más material del debido, provocando fallos en el trabajo. La fuerza con la que la fresa empuja el material de trabajo es enorme, tanto es así que si el material está poco sujeto podría salir despedido violentamente, con grave riesgo material y humano.

Una buena fijación de la pieza se considera aquella que cumple que:

- La pieza queda totalmente inmovilizada.
- La pieza no queda deformada ni se maltrata la mesa de la fresadora.
- La fresa puede trabajar sin obstáculos y la viruta tiene su salida libre.

La fijación debe realizarse, siempre que sea posible, con el centro de masas lo más cercano al centro de la mesa, de manera que se eviten esfuerzos inútiles sobre los mecanismos que la accionan.

1.3.2.7.1- Útiles para fijar la pieza:

Para fijar las piezas se pueden utilizar bridas, tornapuntas, mordazas o platos:

-Bridas: para fijar una pieza mediante bridas, se requiere igualar la altura de la pieza con la de los gruesos o suplementos, de manera que la sujeción sea lo suficientemente fuerte. Si estas alturas no pudieran ser igualadas, es preferible que la altura del grueso supere a la altura de la pieza. Los gruesos están escalonados de manera que, mediante la unión de dos de ellos en sentidos inversos, pueden conseguirse una gran variedad de alturas.

Hay que tener en cuenta que la brida no impida la mecanización de alguna parte de la superficie. Se ha de evitar trabajar cerca de la brida.

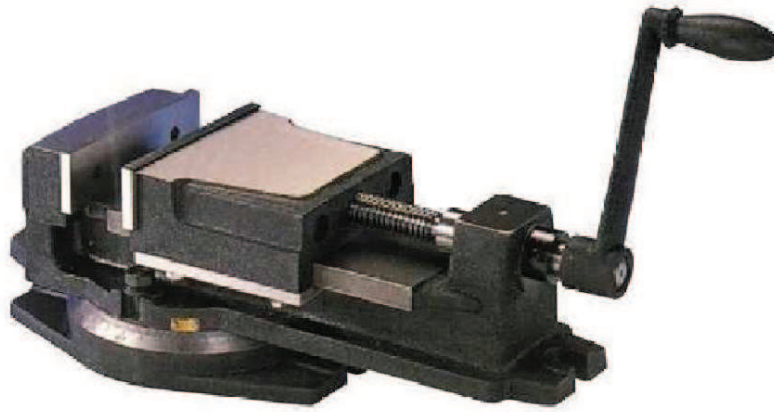
Las bridas se sujetan por su parte central en las ranuras en T de la mesa de trabajo.



Conjunto de bridas de sujeción

-Tornapuntas: la pieza quedaría fuertemente unida a la mesa por las fuerzas ejercidas por las tornapuntas.

-Mordazas: son las mismas que se utilizan en otras máquinas-herramienta. Cuentan con un tornillo interno que desplaza el tope, y puede fijarse a la mesa.



Mordaza de sujeción

-Platos de sujeción: En la fresadora pueden utilizarse distintos platos de sujeción. Los más usados son el plato magnético y el plato circular giratorio.

El plato magnético tiene unos sectores fuertemente imantados que atraen las piezas metálicas con gran fuerza.

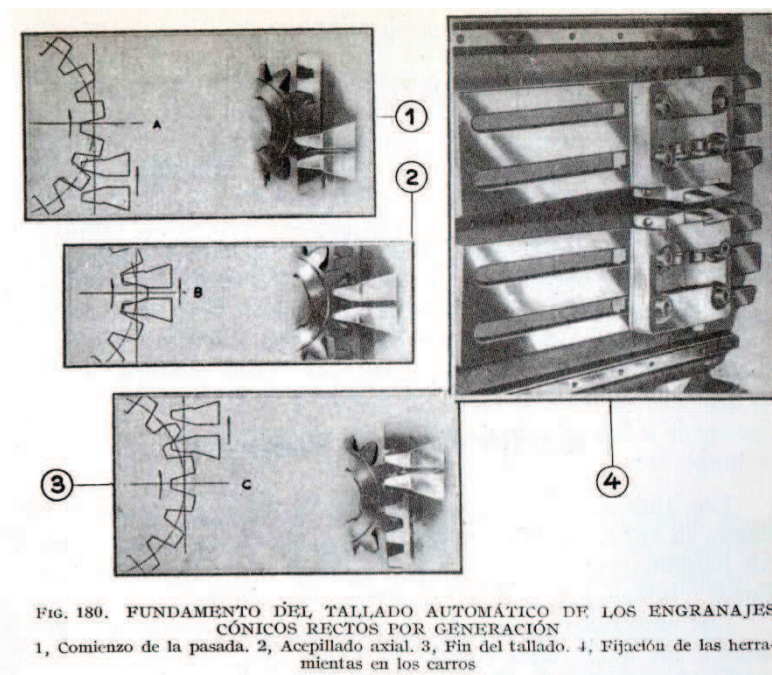
El plato circular giratorio gira sobre una base dotada de un nonio para controlar el giro.

1.3.3- El generador gleason de engranajes cónicos.

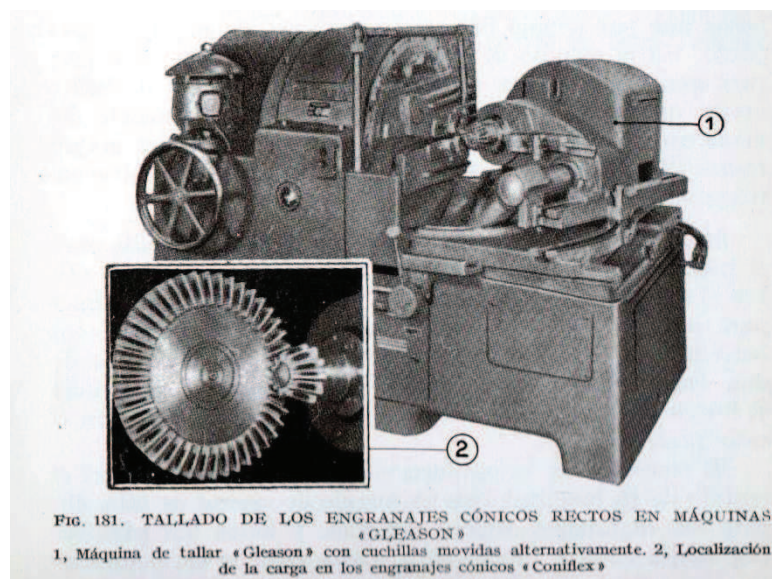
Gleason es el creador de la máquina para talar los engranajes cónicos, inventando la primera máquina de tallar engranajes cónicos con plantilla guía en 1874.

Las máquinas Gleason de tallar engranajes cónicos rectos procediendo por generación tallan un diente cada vez. El principio de tallado por generación mediante dos herramientas, tallan un diente cada vez. El principio del tallado por generación ha hecho caer en desuso el método de acepillado partiendo de una plantilla.

El tallado con herramientas dobles, movidas alternativamente, necesita un trabajo de desbaste previo sin generación, ejecutado con una fresa de herramientas múltiples, dejando el mínimo material para el acabado. El engranaje desbastado se monta en el árbol de trabajo que gira en estrecha relación con el tambor sobre el cual van montadas las herramientas. El engrane avanza hasta plena profundidad, con las herramientas en el punto bajo del rodamiento de generación. Como las herramientas y el engranaje desbastado ruedan conjuntamente hacia el punto alto, y las primeras están dotadas de un movimiento de vaivén a través de la superficie del engranaje, desarrollan la forma del diente por una serie de cortes.



Tres máquinas Gleason cubren la gama desde el diámetro 4,76 mm hasta el diámetro 901,7 mm. Operan automáticamente desde el comienzo del ciclo hasta que se talla el último diente. El movimiento de generación es aplicado tanto a las herramientas como a la pieza, mediante un tren de engranajes generador y un mecanismo de inversión.



Las herramientas para tallar los engranajes cónicos rectos tienen todas sus superficies planas, incluida la afilada. Son de sección uniforme en toda su longitud y no necesitan ser rectificadas más que en su cara delantera. Las herramientas normales tienen ángulos de presión de $14,5^\circ$, $17,5^\circ$ y 20° .

Son de destacar los engranajes “coniflex”, que debido a que la carga de diente está localizada, son capaces de producir pequeños desplazamientos de los engranajes bajo fuertes cargas, ya que el peso no se concentra en los extremos de los dientes.

1.3.4- El control numérico y el control numérico computacional.

1.3.4.1- Historia del control numérico.

El control numérico nació de la necesidad de fabricar contornos complejos en la industria de la aviación.

En 1942, la empresa “Bendix Corporation” tenía graves problemas para fabricar una leva tridimensional para una bomba de inyección para un motor de avión. Su contorno tan complejo la convertía en prácticamente imposible de mecanizar por los métodos tradicionales, es decir, controlando el mecanizado manualmente. Esto era debido a que las trayectorias de mecanizado exigían movimientos simultáneos en los tres ejes, que obviamente debían estar perfectamente coordinados.

Para solucionarlo, utilizaron una máquina automática que definía una gran cantidad de puntos de trayectoria que después serían seguidos por la herramienta.

En 1947, un constructor de hélices de helicópteros llamado John T. Parsons concibe un mando automático. Utilizaba cartas perforadas en un lector que traducía las señales de mando a los ejes. El nuevo sistema, denominado *Digitron*, permite aumentar rápidamente el volumen de producción y la fabricación de hélices cada vez más complejas.

A partir de este momento, la automatización de los procesos de fabricación se desarrolla de forma paralela al desarrollo de los ordenadores (el primer ordenador electrónico digital aparece en 1946).

Rápidamente la fuerza aérea de Estados Unidos contrata a Parsons, preocupada por la fabricación de estructuras complejas por copiado que pudieran ser modificadas con facilidad. También busca apoyo en el Instituto de Tecnología de Massachussets (MIT).

Finalmente, en 1952 ponen a punto la primera máquina-herramienta con control numérico (MHCN). Era una fresadora derivada de un modelo convencional y el control se aplicaba a sus tres ejes, pudiendo actuar dos de ellos simultáneamente.

Se crea también cierto interés para el mecanizado de trabajos más simples como el taladrado, sin movimiento continuo, que exigen un posicionamiento preciso.

Se comienza a generalizar el uso de MHCN y en el Machine Tool Show de Chicago de 1955, siete firmas presentan sus modelos de MHCN. Solían ser fresadoras con entrada de información mediante lectores de tarjetas y de cinta

perforada. Sin embargo, su programación resultaba engorrosa ya que se carecía de un lenguaje específico debidamente estructurado y asequible.

En 1956, la Fuerza Aérea de Estados Unidos realiza un pedido de 170 MHCN a tres grandes fabricantes americanos. La mayor parte correspondían a modelos de bancada fija adaptados para el mecanizado de paneles, largueros y estructuras de alas de avión.

En 1960 se realizaron las primeras demostraciones de Control Adaptable, que era un perfeccionamiento del CN que permite la autorregulación de las condiciones de trabajo directo de las máquinas, y a finales de 1968 se presenta el Control Numérico directo.

Se incorpora el Control Numérico durante la década de los sesenta a distintas máquinas-herramienta y a la fabricación mecánica. En el Machine Tool Show de Chicago de 1965 se llegaron a presentar más de 150 modelos diferentes de máquinas-herramienta con CN.

El primer software para la programación automática del control numérico surge en Estados Unidos en 1961, y es denominado APT (Automatically Programmed Tooling).

El desarrollo de la informática y la robótica, junto con el desarrollo del CN, permite el desarrollo de las células de fabricación flexible (FMC) y los sistemas de fabricación flexible (FMS).

A partir de los últimos años de los sesenta, la industria europea y la japonesa pasan a incorporarse a la fabricación masiva de MHCN y robots. Esta fabricación continuó de manera creciente hasta los años 90, cuando aparece una crisis económica.

En 1994 comienza la recuperación de dicha crisis que repercute en las inversiones en MHCN que continúa en los años sucesivos.

Es interesante señalar los avances tecnológicos en mecanización de alta velocidad, torneado de metales, rectificación con muelas de PBCN,...

Con ello se avanza en el desarrollo de máquinas-herramienta más veloces, más rígidas y precisas, a la vez que con menor masa.

1.3.4.2- Máquinas-herramienta con control numérico (MHCN): la mayor parte de MHCN son centros de mecanizado y centros de torneado capaces de desarrollar un gran número de operaciones de fabricación. Admiten un control remoto desde un ordenador y disponen de cambio automático de herramientas.

Los centros de mecanizado cuentan con un almacén de herramientas y algún sistema de manipulación automática de las mismas. Los centros de

torneado, consiste en una torreta con un número determinado de herramientas, que girará hasta seleccionar la herramienta que necesite.

Por último, cuentan con controles numéricos. Según la normativa ISO (ISO 2806:1994), se define a un control numérico como *“control automático de máquinas-herramienta o procesos industriales gestionados por un dispositivo que hace uso de comandos en código numérico introducidos en tiempo real”*.

Los controles numéricos se componen de una CPU encargada de ejecutar los programas de mecanizado, un interface de comunicaciones y una unidad de control de máquina. Permiten la realización de diversas tareas, como operaciones de E/S, almacenamiento de programas, control de alarmas,...

La información está codificada de manera que sea comprensible para el control numérico. Puede introducirse mediante programación directa, sistemas de programación conversacional, sistemas de programación asistida o sistemas de fabricación asistidos por ordenador; dependiendo del grado de automatización.

El control numérico puede mantener una base de datos con información relativa a las dimensiones nominales de las herramientas, e incluso mediante tablas de correctores, es posible tener en cuenta el desgaste que sufre la herramienta al mecanizar.

Si la fabricación se va a realizar asistida por ordenador, se deben disponer de protocolos que permitan implementar el control desde un ordenador.

1.3.4.3.- Programación de máquinas-herramienta con control numérico.

Gracias a la implementación del control numérico, el proceso de fabricación no depende de la experiencia del operario. Sin embargo, es de vital importancia definir toda la información necesaria: geometría de la pieza a mecanizar y las condiciones tecnológicas necesarias para conseguir la geometría final. Si todo se realiza correctamente, la precisión alcanzada será muy elevada.

1.3.4.3.1- Información necesaria para la programación:

Existen dos tipos de información necesarios:

- La información geométrica es la información de la pieza a mecanizar, tanto de la pieza a mecanizar como el contorno final, y de las dimensiones de las herramientas.

- La información tecnológica agrupa las decisiones y acciones a adoptar para el mecanizado, entre ellas la elección de las fases del mecanizado, establecimiento del orden de las operaciones en cada fase y de las condiciones de corte, y el tipo de material que se va a mecanizar.

Esta información vendrá dada en forma de líneas de comandos que el control ejecutará, produciendo el contorno deseado. Se entiende por programación al traslado de la información a un código; que estará compuesto por letras, números y signos interpretables por el control numérico.

1.3.4.3.2- Tipos de programación:

Los tipos de programación principal son:

- Programación conversacional: mediante menús de selección se introducen las características que deben tener ciertas partes del mecanizado.

- Programación asistida: mediante el empleo de menús gráficos, introduciremos tanto las condiciones tecnológicas como la programación de ciertos ciclos fijos.

- CAM (Computer Aid Manufacturing): a través de unos datos CAD, se desarrollará la programación.

1.3.4.3.3- Fases de la programación.

Para la programación, es importante seguir una disciplina en la que el orden es de vital importancia, ya que el control numérico dispone de instrucciones de salto y subrutinas. La programación “manual” puede dividirse en las siguientes fases:

- Preparación del trabajo: los procesos a seguir son similares a los realizados en una máquina-herramienta convencional. A partir de sus características elaboraremos la secuencia de operaciones, donde irán definidas las condiciones tecnológicas así como las herramientas y utillajes necesarios para realizar el mecanizado.

- Elaboración del programa pieza: se trata de elaborar el código fuente que contenga toda la información necesaria de manera que sea comprensible por el control numérico, recogiendo el orden cronológico de las fases de mecanizado, la posición de la pieza donde se realizarán y los puntos de la trayectoria que deberá seguir la herramienta.

- Depuración y simulación: es necesario que el programa pieza que se envía al control numérico ejecuta correctamente las operaciones previstas. De ser posible, es recomendable realizar una simulación antes de pasar a la fabricación de la pieza, ejecutar una operación en vacío o mecanizar un material blando, con el fin de evitar que se rompa la herramienta o dañemos los actuadores de la máquina.

1.3.4.3.4- Estructura de un programa

El código ISO se compone de:

- Funciones preparatorias de movimientos (G): determinan la geometría y las condiciones de trabajo.
- Funciones de control de avances de los ejes y de velocidades del cabezal (F).
- Funciones de control de herramientas (T): indican la herramienta a utilizar y los parámetros de herramienta a utilizar.
- Funciones auxiliares (M): contienen indicaciones tecnológicas, como sentido de giro, fin de ciclo,...

Los programas pieza deberán encabezarse por un carácter de control y un número de programa. Se construyen en secuencia de bloques, compuestos por una serie de caracteres alfanuméricos. Cada bloque estará compuesto generalmente de:

- N: número de bloque.
- G: funciones preparatorias.
- M: funciones auxiliares.
- X, Y, Z: Cotas de ejes.
- F: velocidad de avance
- S: velocidad de giro del cabezal
- T: Número de herramienta.

1.3.4.3.5- Orígenes en las MHCN: Uno de los puntos clave cuando se prepara una MHCN es definir los orígenes, ya que de otro modo podrían provocarse daños en los sistemas de sujeción, las herramientas y la máquina, entre otros peligros.

Cuando se realice diseño en CAM del proceso de fabricación, se hará tomando un punto de referencia que deberá ser exactamente el mismo que se defina en la máquina. No existe un único punto de referencia, así que los definiremos:

- Punto cero de la máquina (M): es un punto preferencial definido en cada eje por el fabricante de la máquina, normalmente en puntos inaccesibles. Por ello solo tiene sentido para situarse a la máquina.

-Origen pieza (W): normalmente se define sobre la superficie a mecanizar, y sobre él se referenciarán las cotas de la pieza. Para ello llamaremos a unas determinadas funciones que harán un desplazamiento del origen activo a dicho punto, denominadas decalajes de origen (ZMW).

El origen pieza puede definirse donde interese, evitando tener que trabajar con el cero máquina.

1.3.4.3.6- Puntos de referencia: existen dos principalmente:

-Punto de referencia de orígenes: sirve para sincronizar el sistema de medición al iniciarse la puesta en marcha de la máquina.

-Punto de referencia de la herramienta: sirve para describir las longitudes de las herramientas. Es un punto fijado sobre el husillo.

1.3.4.3.7- Funciones: explicar adecuadamente el funcionamiento de cada una de las funciones sería demasiado extenso y superaría los objetivos de este capítulo de la memoria del proyecto. En lugar de ello, explicaremos cuáles son los tipos principales de funciones.

Antes de introducirnos en las definiciones, definiremos el concepto de las definiciones modales: son las funciones que quedan activadas hasta que encuentran otra función de su mismo grupo, incompatible con ella, se la desactiva o hasta un paro o reset.

1.3.4.3.7.1- Funciones preparatorias (G): son funciones modales. Se programan mediante la letra G seguida de dos cifras. Codifican la geometría de la pieza. Los principales son las interpolaciones lineales y circulares. Algunas de las más utilizadas son:

Función	Descripción
G00	Posicionamiento rápido
G01	Interpolación lineal
G02	Interpolación circular en sentido horario
G03	Interpolación circular en sentido antihorario
G06	Interpolación circular con programación del centro de arco en c. absolutas.
G09	Trayectoria circular definida mediante tres puntos.
G70	Programación en pulgadas
G71	Programación en milímetros
G90	Programación en coordenadas absolutas
G91	Programación en coordenadas incrementales
G41/42/43	Compensación de la herramienta

1.3.4.3.7.2- Función de herramienta (T): las

funciones T se utilizan para seleccionar la herramienta o cambiar la ya utilizada, y para que la MHCN sepa con qué datos tiene que trabajar. Su programación es muy sencilla, por ejemplo, *T01.01* significaría que utilice la herramienta número uno con los datos (longitud, compensación de radio, etc.) de la herramienta número 1.

1.3.4.3.7.3: Funciones auxiliares (M): hacen

referencia a operaciones relacionadas con el funcionamiento de la máquina-herramienta. Existen funciones modales y de anulación automática, siendo posible programar distintas funciones M dentro del mismo bloque siempre que no sean incompatibles. Las principales son:

Función	Descripción
M00	Parada programada, efectiva hasta reanudación manual.
M01	Para opcional, solo es efectiva si se activa la entrada “Parada opcional”.
M02	Fin de programa.
M03	Rotación del cabezal en sentido horario.
M04	Rotación del cabezal en sentido antihorario.
M05	Parada de rotación del cabezal.
M06	Cambio de herramienta.
M07	Activación del refrigerante primario.
M08	Activación del refrigerante secundario.
M09	Anula las funciones M07 y M08.
M10	Activación del bloqueo de ejes.
M11	Desactivación del bloqueo de ejes.
M19	Parada orientada del cabezal.
M30	Fin de programa y vuelta al primer bloque.

1.3.4.3.7.4-Funciones de control de avances de los ejes y de velocidades del cabezal:

Mediante la función F programaremos el avance, que puede darse en mm/min (con G94) o en mm/vuelta (con G95).

La velocidad del cabezal se programa mediante la función S, que puede darse en rev/min (con G97) o en m/min (con G96).

1.3.5- El CAD.

El CAD, *Computer Aid Design* (diseño asistido por ordenador), es un conjunto de herramientas computacionales utilizadas por ingenieros, arquitectos y a otros profesionales del diseño.

1.3.5.1- Historia del CAD.

En 1955 nace el primer sistema gráfico, denominado SAGE, desarrollado por el Laboratorio Lincoln del Instituto Tecnológico de Massachusetts para la Fuerza Aérea de Estados Unidos.

En 1962, Ivan Sutherland desarrolla en el mismo laboratorio el *Sketchpad*, basándose en su tesis doctoral “A Machines Graphics Communications System”. Sutherland propuso la idea de utilizar un teclado y un ratón óptico, además de basar su sistema en las relaciones entre las diferentes partes que componían el objeto a diseñar.

El primer sistema de CAD, a un precio de 500000 dólares, apareció en 1965 y fue producido por ITEK Control Data Corp.

En 1969 fue desarrollado el primer trazador (plotter), y en 1970 varias compañías ofrecen diferentes sistemas de CAD automatizado; que son adoptados por las grandes compañías del sector del automóvil y aeroespacial. En esta década aparecen algunas de las compañías de CAD más conocidas en la actualidad, como CATIA y CADlink. A finales de esta década, un sistema de CAD tenía un precio de 125000 dólares. Además, se crea el primer formato neutral de intercambio de archivos, el IGES

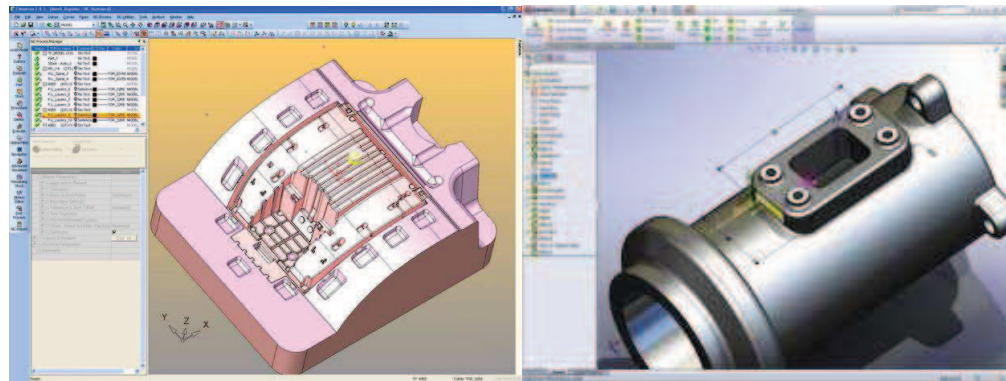
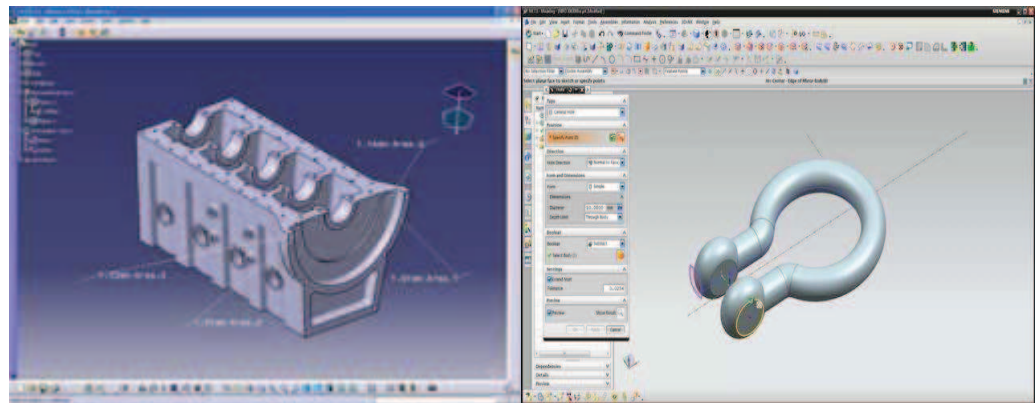
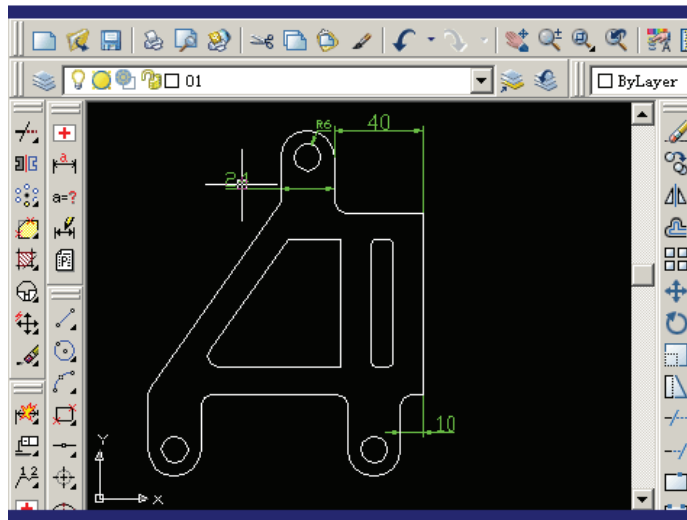
En 1980 se crea INVESTRÓNICA, la primera empresa española en este ámbito, con desarrollos CAD-CAM para la industria textil. En 1981 aparece Dassault Systems y Unigraphics presenta UNISOLID.

En 1982 se funda la empresa AUTODESK, con el objetivo de crear un software de CAD que pueda funcionar sobre un PC, con un precio menor de 1000 dólares, presentando en noviembre el primer AutoCad.

El sistema de intercambio de archivos STEP nace en 1983, y dos años más tarde nace el MicoStation, sobre PC. En 1995 aparece el primer AutoCad sobre Windows, así como el Unigraphics también se asienta sobre esta plataforma en el mismo año. Otro programa de CAD en 3D que aparecía en este año es Solidworks.

A partir de este año, los sistemas de CAD han ido en continua evolución, enfatizándose en el diseño 3D, con cada vez aplicaciones más diversas dirigidas a los diferentes ámbitos de la industria. Además, entra en relación con otros ámbitos del diseño, como el CAM (*Computer Aid Manufacturing*), el PLM, el diseño eléctrico, cálculo por elementos finitos...

En la actualidad existen muchas opciones en cuanto a los sistemas de CAD, algunos de los más conocidos son AutoCad, Solidworks, Catia, NX (Unigraphics), Cimatron,...



Imágenes de diferentes sistemas de cad, siendo por este orden: AutoCad, Catia, NX (Unigraphics), Cimatron y Solidworks.

1.4- MATERIALES DE TRABAJO: LOS METALES FÉRREOS.

Todos los elementos del conjunto del proyecto están diseñados para ser fabricadas en acero. Pero no todos los aceros son iguales y por tanto, deberemos seleccionar un acero adecuado a nuestras necesidades.

Para que la selección esté justificada, en este capítulo del proyecto buscaremos explicar qué es el acero dentro de los metales férreos y cuáles son sus características y parámetros más importantes.

Como nota aclaratoria, para evitar confusiones denotaremos con la palabra *hierro* al mineral materia prima de los materiales férreos; mientras que utilizaré la palabra *fundición* para la aleación de hierro y carbono a más del 2,1%.

1.4.1- El hierro.

Se considera hierro puro a aquel que tiene una concentración de carbono menor del 0,008%. Éste es un mineral blanco azulado, dúctil y maleable. Su peso específico es de 7,87. Funde de 1536° a 1539°. En las temperaturas inferiores a su punto de fusión se reblandece lo que permite forjarlo y moldearlo con facilidad. Es un buen conductor eléctrico y del calor, y se imanta fácilmente.



En la naturaleza, el hierro suele encontrarse formando óxidos, de ahí su color rojizo.

El hierro, al calentarse o enfriarse, sufre diversas transformaciones en su estructura cristalina a unas temperaturas fijas, aunque esto solo ocurre cuando la temperatura de calentamiento o enfriamiento es infinitamente lento (de no ser así, las temperaturas en el calentamiento y en el enfriamiento no coinciden).

Las temperaturas de cambio en la estructura cristalina en un cambio de temperatura infinitamente lento se denominan temperaturas críticas (o puntos críticos), y se denominan por la letra A y un subíndice, siendo las siguientes:

Punto crítico	Temperatura
A ₂	768°C
A ₃	910°C

A ₄	1400°C
----------------	--------

De esta manera, existen diferentes variedades de cristalización: alfa (<768°C), beta (768°C-910°C), gamma (910°C-1400°C) y delta (1400°C-1539°C, temperatura de fusión).

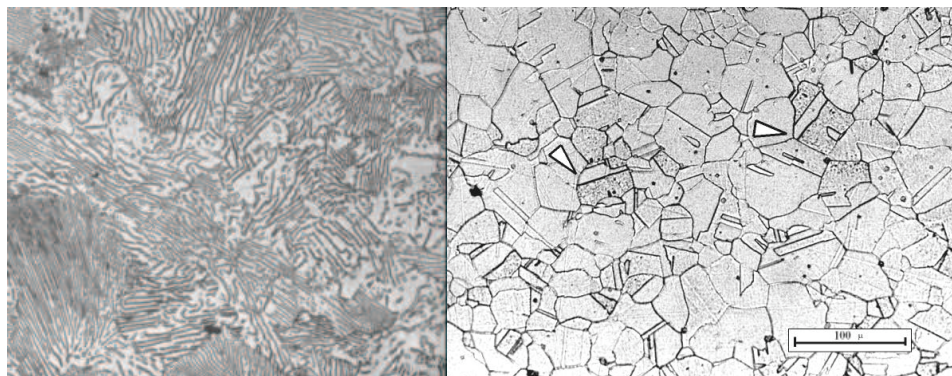
Cada uno tiene diferentes propiedades, como diferente magnetismo o diferente capacidad para disolver el carbono.

1.4.2- Aleaciones hierro-carbono: aceros y fundiciones.

El hierro puro no es muy útil industrialmente, pero aleado con carbono (y otros elementos) es el metal más utilizado en la actualidad.

La aleación básica se realiza con carbono, formando aceros (que son forjables) si está en una proporción menor al 2,1% o fundición (que no son forjables) en caso contrario, con un límite máximo de 6,67% carbono. Estas aleaciones están caracterizadas por tres factores:

- Su composición química: a temperatura ambiente, normalmente la mayor parte del carbono forma carburo de hierro (C₃Fe).
- Su estructura: hay tres clases de estructuras: estructura cristalina, estructura micrográfica y su estructura macrográfica.
- Su constitución: pueden encontrarse hasta once constituyentes, que se denominan ferrita, cementita, perlita, austenita, martensita, troostita, sorbita, bainita, ledeburita, steadita y grafito.



Diferentes constituyentes: martensita a la izquierda, austenita a la derecha.

Además, las características finales del acero están determinadas por la existencia de inclusiones metálicas e impurezas.

Entre las primeras, podemos encontrar inclusiones en forma de carburos, disueltos en la ferrita o emulsionados.

Las inclusiones en forma de carburos, (molibdeno, vanadio, wolframio y manganeso), forman aceros rápidos que mantienen su dureza y resistencia al desgaste a temperaturas superiores a 500°C.

Las inclusiones disueltas en la ferrita (níquel, cromo, silicio, manganeso, cobre y fósforo) forman soluciones sólidas con la ferrita.

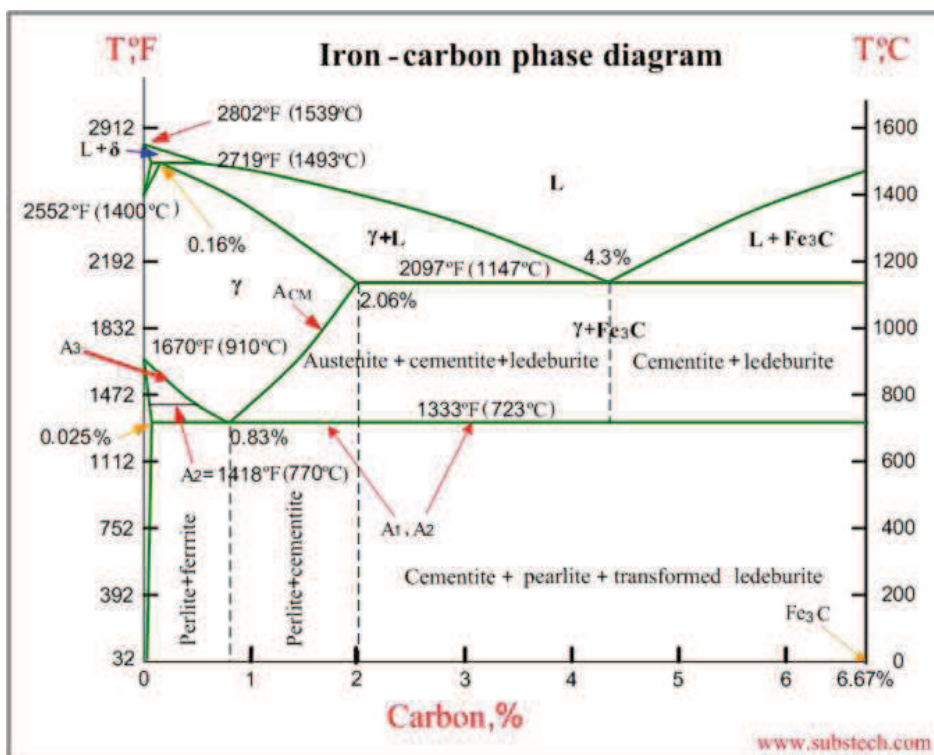
Los elementos emulsionados, como el cobre en porcentajes superiores al 0,6% y el plomo, se encuentran formando bolsas muy pequeñas en la masa del acero confiriéndole propiedades especiales.

Por otro lado, las impurezas, como el sulfuro de manganeso, el óxido de aluminio o los silicatos, son elementos no deseables y que normalmente afectan negativamente al acero.

1.4.3- Diagrama de equilibrio y de transformaciones.

Para determinar los componentes que forman un acero según su porcentaje de carbono y su temperatura, podemos recurrir al diagrama de equilibrio de las aleaciones hierro-carbono.

En este diagrama, figuran en el eje de las abscisas las proporciones de carbono. La escala de este eje es logarítmica, de manera que la parte correspondiente a los aceros ocupe lo mayor posible. En el eje de las ordenadas están representadas en escala lineal las temperaturas (grados Celsius a derecha).



En el eje de las abscisas hay cuatro puntos importantes:

1-El límite del diagrama corresponde a una proporción de carbono del 6,67%, es decir, el de la cementita pura. Si el porcentaje de carbono es mayor, el carbono formará grafito.

2- El punto eutéctico, que corresponde a una proporción de carbono de 4,3%, que corresponde a la temperatura de fusión más baja (1130° C). Además, la totalidad de la masa de la aleación funde o se solidifica a una sola temperatura en lugar de a una temperatura de fusión y otra de solidificación. Por eso, las temperaturas de principio de solidificación y de principio de fusión se cortan en el punto eutéctico.

De esta manera, con contenidos inferiores de carbono entre el principio y el fin de la solidificación se va precipitando austenita, y con contenidos superiores se precipitan cristales de cementita; mientras que las aleaciones de 4,3% de carbono se solidifican formando un solo constituyente, la ledeburita, formado por un 52% de cementita y 48% de austenita de 1,76% de carbono a 1130° C.

3- La máxima solubilidad del carbono en hierro gamma viene se encuentra a la misma temperatura que el punto eutéctico y es del 2,1%. Pueden considerarse a las aleaciones de hierro-carbono con un porcentaje menor (hasta un 0,03%) como aceros, mientras que las aleaciones entre un 6,67% y 2,1 % de carbono se consideran fundiciones.

Los aceros son las aleaciones de hierro-carbono que a partir de una temperatura determinada se transforman íntegramente en austenita. Si la austenita se enfría rápidamente, se transforma en martensita.

4- El punto eutectoide es análogo al punto eutéctico, con la diferencia de que mientras en el punto eutéctico se realiza un cambio de estado de líquido a sólido o de sólido a líquido, en el punto eutectoide cambia solamente la constitución de la aleación. Tiene una composición de un 0,77% de carbono a una temperatura de 727° C.

El punto eutectoide marca la composición de la austenita que es estable a más baja temperatura. Además, toda la austenita se transforma totalmente en perlita, que es el componente eutectoide

Para contenidos superiores al 0,89% C, la austenita al enfriarse por debajo de los 1130° C segrega cementita hasta llegar a la temperatura de

727° C. Para porcentajes de carbono inferiores al 0,77% de C, al enfriarse la austenita segrega ferrita hasta llegar a los 727° C.

5- Cuando el acero tiene un porcentaje de 0,18% la austenita permanece estable a la mayor temperatura (1495° C). Este punto se denomina peritético.

6-El hierro delta puede tener una proporción máxima de 0,18% de carbono.

7-El mayor porcentaje de carbono que puede disolver la ferrita es del 0,025%.

En el eje de las ordenadas existen los siguientes puntos críticos:

1-A 210° se produce el cambio magnético de la cementita. A temperaturas superiores es magnética y a temperaturas inferiores deja de serlo.

2-La perlita no puede existir a temperaturas superiores a 727° C.

3-La ferrita tiene su cambio magnético a la temperatura de 768° C, siendo magnético a temperaturas inferiores.

4-El límite de la ferrita varía desde los 727° C a los 912° C según el porcentaje de carbono.

5-El límite de la cementita también varía entre 727° C y 1148° C.

6-El límite de la ledeburita es de 1148° C.

Para conocer el número de fases que pueden coexistir en equilibrio, se utiliza la regla de las fases de Gibbs:

$$P = C - F + N$$

Donde P es el número de fases, C es el número de componentes de la aleación, F es el número de grados de libertad (o número de variables de estado) y N es el número de variables no composicionales. N es normalmente T y p , pero p se mantiene constante en el caso de los sólidos. Por tanto:

$$P = C - F + 1$$

Para sustancias puras $C=1$, por lo que la condición de existencia de dos fases exige que el número de grados de libertad sea cero. Es por ello que ni T ni p pueden variar independientemente, si no que se encuentran determinados en puntos fijos.

Una aleación no puede estar constituida por más fases en equilibrio que componentes (si $F=1$, $P=C$). Sin embargo, a temperaturas fijas ($F=0$):

$$P = C - F + 1 = C + 1$$

En este caso, una de las fases desaparece al variar la temperatura.

Para determinar la cantidad de cada fase, se utiliza “la regla de la palanca”. Está basado en la conservación de la masa. Si queremos determinar el porcentaje de cada masa en un determinado punto (temperatura y porcentaje de carbono), trazaremos una isoterma a izquierda y derecha hasta los límites de fase pura de los dos componentes. Entonces, la masa relativa de cada fase será directamente proporcional a la longitud del brazo opuesto de la palanca. Expresado de forma matemática,

$$\chi_{\alpha}m_{\alpha} + \chi_{\beta}m_{\beta} = \chi(m_{\alpha} + m_{\beta})$$

Donde:

χ = porcentaje de carbono de la aleación.

χ_{α} = porcentaje de carbono de la fase alfa en la isoterma en la intersección del límite de la fase alfa con la isoterma.

χ_{β} = porcentaje de carbono de la fase beta en la intersección del límite de la fase beta con la isoterma.

m_{α} = proporción de fase alfa en el punto

m_{β} = proporción de fase beta en el punto.

De esta manera, despejando:

$$\frac{m_{\alpha}}{m_{\alpha} + m_{\beta}} = \frac{\chi_{\beta} - \chi}{\chi_{\beta} - \chi_{\alpha}}$$

$$\frac{m_{\beta}}{m_{\alpha} + m_{\beta}} = \frac{\chi - \chi_{\alpha}}{\chi_{\beta} - \chi_{\alpha}}$$

Como $m_{\alpha} + m_{\beta} = 1$

$$m_{\alpha} = \frac{\chi_{\beta} - \chi}{\chi_{\beta} - \chi_{\alpha}}$$

$$m_{\beta} = \frac{\chi - \chi_{\alpha}}{\chi_{\beta} - \chi_{\alpha}}$$

1.4.4- Propiedades mecánicas de los aceros.

Los sólidos son deformables cuando sobre ellos actúan fuerzas externas produciendo desplazamientos relativos de las partículas del sólido hasta que las fuerzas internas equilibran estas fuerzas.

La deformación puede ser elástica, si la deformación es reversible cuando estas fuerzas cesan, o permanente, si no se recupera.

Una vez formuladas estas definiciones, vitales para comprender el significado de las diferentes propiedades mecánicas. Éstas representan la respuesta de los materiales a esfuerzos externos.

1.4.4.1- Elasticidad: es la capacidad de deformación no permanente de un material. Su antónimo es la rigidez.

La elasticidad ideal está relacionada con las fuerzas ejercidas mediante la Ley de Hooke:

$$F = k \Delta l$$

Donde F representa la fuerza ejercida y k es una constante de cada material y su forma geométrica.

Alrededor de 1800, Thomas Young reformuló la ley de Hooke de manera que eliminara los factores geométricos, de la siguiente manera:

$$\sigma = E \varepsilon$$

Donde:

σ : es el esfuerzo medido Pascales (Newton/m²).

ε : representa la elongación, que es un factor adimensional ($\frac{\Delta l}{l}$).

E: es el denominado módulo de elasticidad o módulo de Young (Pascales).

Normalmente el módulo de elasticidad, debido a que tiene un valor muy grande, se mide en GPa (10⁹ Pa).

Para conocer el módulo elástico de un material se utilizan normalmente dos procedimientos:

-Mediante la velocidad del sonido: el sonido resulta de una propagación de una perturbación elástica en un medio natural. Por tanto, existe una relación entre la propagación del sonido en los sólidos y su módulo de Young. Si conocemos la velocidad del sonido en un material, fácilmente obtenible experimentalmente, podremos obtener el módulo de Young mediante la siguiente relación:

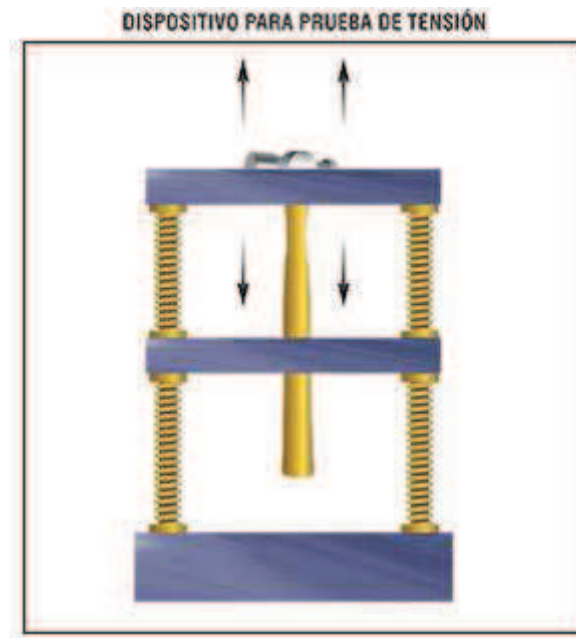
$$V_{sonido} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

De esta manera, el módulo de Young para un acero de densidad $7,8 \text{ g/cm}^3$ y que transmite el sonido a $5,06 \times 10^3 \text{ m/s}$ será:

$$E = \rho \times v_{sonido}^2 = 7,87 \times 10^3 \times (5,06 \times 10^3)^2 = 2,02 \times 10^{11} = 202 \text{ GPa}$$

-Mediante ensayo de tracción: Consiste en someter una probeta de forma y dimensiones determinadas a un esfuerzo de tracción en la dirección de su eje hasta romperla.

Se emplean barras de sección regular constante a excepción de sus extremos, que son de sección mayor para facilitar su amarre a la máquina de ensayos.



Máquina para prueba de tensión y probeta.

Para medir la longitud estirada, se hacen dos marcas entre las cuales se mide la longitud (calibrada).

Para que los resultados sean comparables, deberá existir la misma relación entre la longitud de la parte calibrada y la sección. Ésta es:

$$L = K \sqrt{s}$$

Para que dos probetas sean semejantes, la constante K deberá ser exactamente la misma.

La probeta es entonces sometida a tracción, y mientras se encuentre en la zona elástica su alargamiento cumplirá la relación de Young. Si recordamos la ecuación:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{P/s_0}{\Delta l/l_0}$$

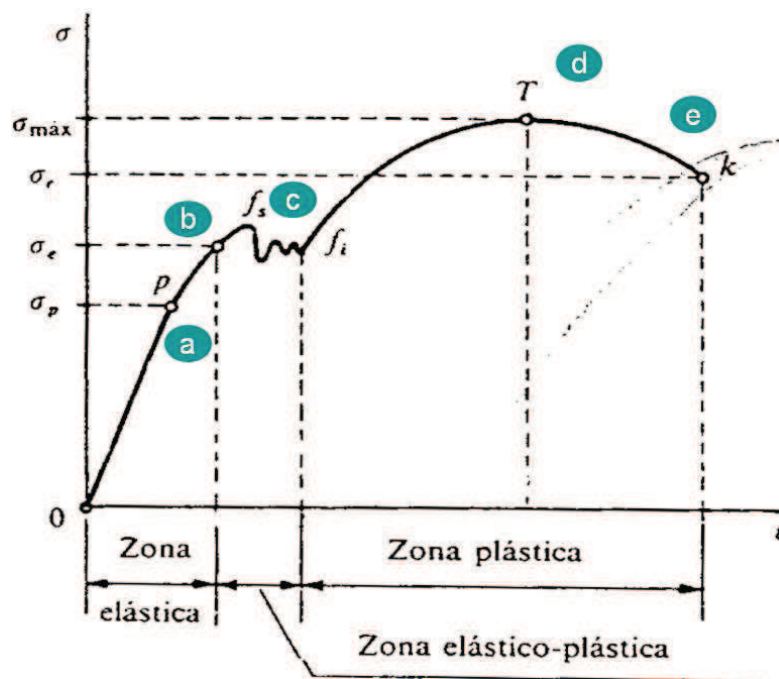
Es de señalar que se produce una pequeña imprecisión, ya que al alargarse la probeta la sección se hace menor (relacionado por el índice de Poisson). Por tanto, el esfuerzo real es mayor.

Además, llegará un momento en el que superada cierta elongación, superaremos su límite de elasticidad, convirtiéndose en una deformación permanente. La deformación es ahora plástica, se ha alcanzado el límite aparente de elasticidad.

1.4.4.2- Resistencia: es la capacidad para soportar fuerzas o cargas sin deformarse (límite elástico), sin romperse (resistencia a la tensión o la compresión) o sin fracturarse por esfuerzos cíclicos menores (resistencia a la fatiga).

Ya hemos hablado del límite elástico, y la resistencia a la tensión puede observarse también en el ensayo de tracción.

Una vez que la tensión ha superado el límite elástico, entra en una fase elástica-plástica. A partir del límite superior de fluencia, los alargamientos aumentan rápidamente sin necesidad de aumentar la tensión, hasta que se alcanza el límite inferior de fluencia. A partir de este momento, se necesita aumentar nuevamente la tensión durante el periodo conocido como de fortalecimiento, hasta alcanzar un límite máximo conocido como de rotura. La probeta se estira rápidamente reduciendo su sección hasta que se produce la tensión.



Curva tensión-deformación, apreciándose las fases descritas.

La fatiga es el esfuerzo al que se le somete a un componente cuando soporta cargas alternadas, rompiéndose tras un determinado número de ciclos a pesar de estar diseñadas por debajo de su límite elástico. Se calcula que aproximadamente el 90% de las piezas que se rompen en servicio es debido a la fatiga.

Suele originarse por una microgrieta que crece a medida que realiza ciclos de carga y descarga, hasta que se deteriora tanto que la sección residual es incapaz de soportar la carga de trabajo y se rompe. Estas microgrietas pueden originarse de dentro hacia fuera o de fuera hacia dentro.

Lo más costoso para las grietas son los tamaños más pequeños y crece muy lentamente. Durante gran parte de su vida resultan prácticamente indetectables para los métodos de detección habituales (nucleación de las grietas). Cuando la grieta es grande avanza rápidamente.

Generalmente las grietas más agresivas son aquellas originadas en la superficie. Es por ello que es muy importante realizar un buen acabado, de manera que lo tengan más difícil para avanzar.

Para determinar la resistencia a la fatiga, las probetas pueden someterse a cargas variables y se cuentan los ciclos de esfuerzo soportados hasta la rotura. El dispositivo más utilizado es la máquina de flexión rotativa de alta velocidad de R.R. Moore, que somete a la probeta a flexión pura por medio de pesas.

Como la resistencia no sólo depende del material de la pieza, si no de muchos otros factores, conviene diseñar las piezas de manera adecuada mediante la utilización de los diagramas S-N, que relaciona las tensiones con el número de ciclos.

1.4.4.3- Plasticidad: es la capacidad de deformación sin ruptura. Podemos distinguir dos tipos:

-Ductilidad: plasticidad bajo un esfuerzo de tensión o capacidad para ser elongado en hilos.

-Maleabilidad: es plasticidad bajo esfuerzo de compresión o capacidad para ser laminado en hojas.

La plasticidad puede obtenerse mediante el análisis de las curvas tensión-deformación.

Su opuesto es la fragilidad.

1.4.4.4- Tenacidad: es la capacidad de un material para absorber energía antes de fractura. La resiliencia es una medida de la tenacidad al impacto. Está relacionado con la plasticidad de los materiales, ya que los materiales frágiles son poco tenaces.

La resiliencia puede medirse mediante el ensayo Charpy. En él, se examina una probeta de muestra de un material con fórmula de paralelepípedo. En el centro de la probeta se produce una entalla a fin de concentrar las tensiones. Los tamaños de las probetas están regularmente normalizados, utilizándose principalmente la probeta Mesnager, la probeta U.F. o la probeta Charpy.

Un péndulo, constituido por un martillo de 22 kg, se eleva a una determinada altura y, al descender, golpea a la probeta cuando se encuentra en el punto más bajo de su trayectoria. Tras romper la probeta, ascenderá a una determinada altura.

De esta manera tan sencilla podremos deducir la energía absorbida por el choque por diferencia de alturas: la altura inicial y final del péndulo.

En caso de que el péndulo deforme la probeta sin romperla pero pasa entre los apoyos, el resultado del test será “sin romper”, mientras que si no es capaz de romper la probeta, será “superior al máximo de la máquina”.

1.4.4.5- Dureza: La dureza es la resistencia a la penetración superficial por un cuerpo más duro. Es una combinación de resistencia mecánica y ductilidad.

La dureza en el caso de los aceros tiene una relación con el mecanizado, ya que aceros muy duros exigirán mayores condiciones de mecanizado. De hecho, algunos tipos de fundición no son mecanizables precisamente por su elevada dureza, debida a su alto contenido en carbono.

Una de las primeras maneras de medir la dureza, usada en geología, es la escala de Mohs. Ésta es una escala del 1 al 10, 1 el más blando y 10 el más duro, en el que el material representado por un número es capaz de rayar a aquellos materiales con un número inferior y son rayados por aquellos de número superior. Los minerales de referencia son: talco (1), yeso (2), calcita (3), fluorita (4), apatito (5), ortoclasa (6), cuarzo (7), topacio (8), corindón (9) y diamante (10).

Sin embargo, esta escala no es muy útil en ingeniería. Para ello se han desarrollado diferentes ensayos de dureza, cada uno con una escala diferente:

-Ensayo de dureza Martens: el esclerómetro de Martens fue el primer aparato que se empleó para medir la dureza al rayado. En él, una punta de diámetro con forma piramidal con un ángulo de 90° se mueve sobre la superficie de material a ensayar con una carga constante y determinada. La dureza dependerá de la anchura de la raya producida (se mide en micras). Se determina por la fórmula:

$$\Delta m = \frac{10000}{a^2}$$

-Ensayo de dureza Brinell: es un proceso muy rutinario, obteniéndose medidas de manera muy rápida. Los ensayos son fáciles, baratos y sencillos.

La medida se hace en base a la deformación que sufre el material al ser perforado por un indentador, que tiene forma esférica de diámetro 10 mm y fabricado en acero o carburo de tungsteno. La profundidad de la perforación nos da una idea de la dureza. Ésta vendrá determinada por la fórmula:

$$HB = \frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Donde:

HB: dureza Brinell.

P: Fuerza aplicada (kg)

D: diámetro del indentador (mm).

d: diámetro máximo de la huella (mm).

Esta ecuación se deduce de dividir la fuerza aplicada entre la superficie de la huella. Sin embargo, la dureza suele hallarse midiendo el diámetro de la huella y comparándolo en tablas.

-Ensayo Rockwell: debido a que el método Brinell no permite medir las durezas de los aceros templados (se deforman las bolas), en 1924 apareció la máquina Rockwell.

Es también un ensayo de perforación, pero en este caso se mide la profundidad de la perforación y no su superficie. El indentador es un diamante en forma de cono de 120°.

Existen dos tipos de máquinas diferentes, una para materiales gruesos y otra para materiales finos, cada una con diferentes escalas, y se utilizan niveles de carga. La dureza se determina por lectura directa de la máquina.

Las principales ventajas de este método son su rapidez y sencillez, pudiendo ser realizadas por operarios no cualificados. Además, la huella que deja es más pequeña que en el método Brinell.

-Método Vickers: este ensayo se deriva directamente del método Brinell y fue introducido en 1925. Se emplea en laboratorios para piezas delgadas y templadas, con un espesor mínimo de hasta 0,2 mm.

El indentador es una punta piramidal de base cuadrada y un ángulo entre caras de 136°, con una precisión de 20 segundos de grado. Éste ángulo se eligió para que la bola de Brinell quedase circunscrita al cono en el borde de la huella (aproximadamente 0,375 D9).

La dureza Vickers está relacionada con la carga y la superficie de la huella, y se corresponde con éste hasta unas 300 unidades de dureza. La dureza máxima a la que se debe medir este ensayo corresponde a 600 unidades de dureza.

Para determinar la dureza Vickers se mide la media de las dos diagonales de la huella con un microscopio en décimas de milímetro.

Siendo P la fuerza aplicada y S la superficie de la huella, entonces:

$$HV = \frac{P}{S}$$

Si b es el lado superior de la huella y OC es la distancia desde el vértice de la punta de la huella hasta el lado superior de la huella:

$$S = 4 \frac{b}{2} OC$$

O'C será la distancia proyectada de OC en el cuadrado que forman los lados superiores de la huella:

$$OC = \frac{O'C}{\sin 68^\circ} = \frac{b}{2 \sin 68^\circ}$$

Así:

$$S = 4 \frac{b}{2} \times \frac{b}{2 \sin 68^\circ} = \frac{b^2}{\sin 68^\circ}$$

$$\text{Como } d^2 = b^2 + b^2 = 2 b^2 \text{ será } b^2 = \frac{1}{2} d^2$$

Entonces queda:

$$S = \frac{d^2}{2 \sin 68^\circ} = \frac{d^2}{1,854}$$

Por tanto, la dureza Vickers quedará como

$$HV = 1,854 \frac{P}{b^2}$$

Sin embargo, lo más común es hallar la dureza mediante gráficos a través de la diagonal y la carga. Las normas más importantes a la hora de realizar un ensayo Vickers son:

1-La superficie de prueba ha de estar pulida.

2-El espesor de la probeta ha de ser al menos 1,5 veces superior a la diagonal de la huella.

3-En las probetas redondas debe aplicarse sobre el diamante una fuerza tan pequeña que la influencia de la

flecha sobre la longitud de la diagonal sea inferior a 0,01 mm.

4- La longitud de la diagonal debe medirse con precisión de 0,001 mm para longitud de diagonal menor a 0,5 mm y de 0,01 para longitudes superiores.

Las ventajas de este método son:

1- Las huellas Vickers son comparables entre sí.

2- Puede medirse una amplia gama de materiales con el mismo indentador.

3- Puede medirse la dureza de piezas muy delgadas.

4- Puede medirse la dureza superficial con cargas pequeñas.

5- La escala Vickers es más precisa que la escala Rockwell.

6- Como es preciso examinar la huella, puede comprobarse en cada medición el buen estado del diamante (en el ensayo Rockwell debe examinarse de vez en cuando).

-Método Knoop de microdureza: es un método utilizado para medir las microdurezas. El indentador es piramidal con una base rómbica.

Las cargas que se aplican son muy pequeñas, variando de 0,25 a 3600 g, y producen huellas rómbicas con las diagonales en relación 7/1 de profundidad 1/30 de la diagonal mayor.

La diagonal mayor se mide con la ayuda de un microscopio de retículo graduado, y se sustituye su valor en la siguiente fórmula:

$$H_{Knoop} = \frac{P}{0,07028 d^2}$$

Este método se emplea únicamente en laboratorios, para medir la dureza de láminas muy delgadas.

-Otros ensayos de dureza: existen otros métodos para medir la dureza, como ensayo de dureza al rebote de Shore (basado en la altura que alcanza el rebote de un cuerpo sobre el material a examinar) o el método dinámico para el ensayo de la dureza al rebote.

1.4.5- Influencia de las inclusiones metálicas en las características mecánicas.

Las características de los aceros, como ya se ha indicado anteriormente, están directamente relacionadas con las inclusiones metálicas presentes en su composición y su proporción de éstas.

En este apartado haremos un repaso por los componentes principales que se encuentran en los aceros comerciales y su influencia en las características mecánicas del acero.

-Carbono: Es el elemento principal de aleación. A mayor proporción de carbono, mayor es su dureza y su fragilidad.

-Silicio: aumenta la dureza del acero ya que se disuelve en la ferrita aumentando la dureza de ésta. Además, modifica el porcentaje de carbono del acero eutectoide, disminuye el campo austenítico e influye débilmente en la templabilidad de los aceros

-Manganeso: en aceros bajos al carbono se disuelven y endurecen la ferrita. Si el porcentaje de carbono es suficiente, forman carburos muy duros y resistentes al desgaste, que conservan su dureza hasta temperaturas cercanas a los 500° C. Además, modifica los puntos críticos, modifica el porcentaje de carbono del acero eutectoide, amplía el campo austenítico e influye en la templabilidad.

-Fósforo: es un elemento perjudicial para el acero. Normalmente se disuelve en la ferrita hasta proporciones del 1%, pero en proporciones superiores aumenta la fragilidad de los aceros.

-Azufre: es prácticamente insoluble y forma sulfuros de hierro. Fragiliza el acero.

1.4.6- Suministro de los aceros.

Los aceros comunes se suelen suministrar en bruto de forja o laminación o en estado de recocido, aunque en casos especiales pueden suministrarse aceros normalizados o con temple y revenido.

El material se suministra generalmente de manera semielaborada y en forma de “acabados”. Los productos normalizados en España semielaborados son los siguientes:

-Lingote: producto bruto de colada, destinado a ser transformado por forja o laminación.

-Desbaste: Producto obtenido por una primera laminación o forja del lingote. Puede ser de sección cuadrada o rectangular. Su espesor está comprendido entre 130 y 350 mm, y con una anchura entre 130 y 550 mm.

-Palanquilla: Barra de sección cuadrada de aristas redondeadas, cuyo lado está comprendido entre 40 y 125 mm.

-Llantón: Producto de sección rectangular, cuyo espesor está comprendido entre 10 y 125 mm, y una anchura entre 200 y 600 mm.

Como productos acabados, podemos encontrar:

-Plano ancho: producto de sección rectangular, de espesor entre 4 y 10 mm y anchura de entre 200 y 600 mm.

-Llanta: producto de sección rectangular con espesor entre 10 y 130 mm y anchura entre 100 y 200 mm.

-Pletina: Producto de sección rectangular de espesor entre 4 y 10 mm y anchura entre 10 y 20 mm.

-Fleje: sección rectangular de espesor fino (inferior a 4 mm), con una anchura entre 10 y 200 mm.

-Chapa: producto laminado de gran anchura (superior a 600 mm) o de forma irregular.

-Redondo: producto de sección circular de diámetro entre 5 y 200 mm.

-Cuadrado: producto de sección cuadrada de lado entre 8 y 100 mm.

-Pasamano: sección de segmento de círculo con ángulos redondeados.

-Medio-redondo: producto de sección semicircular con ángulos vivos.

-Otros: existen más tipos de productos acabados de especial importancia, como las vigas para construcción u otros tipos de perfiles, carriles, etc...

1.4.7- Selección de los materiales.

Tras valorar las características de los diferentes aceros, se utilizará un acero SAE 1060. Se trata de un acero comercial bastante utilizado, con unas características suficientes para el desarrollo del proyecto. Sus características son las siguientes:

SAE 1060	
Dureza Brinell	241
Resistencia	750-950 N/mm ²
Resistencia a la tracción	680 MPa
Límite de fluencia	485 MPa

Composición SAE 1060	
Componente	Proporción (%)
Carbono	0,55-0,65
Silicio	0,15-0,35
Manganeso	0,6-0,9
Fósforo (máximo)	0,040
Azufre (máximo)	0,050

1.5- TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Los tratamientos térmicos son procesos a los que se someten los metales y que modifican su estructura y constitución. Su objetivo es mejorar las propiedades, como mayor dureza y resistencia mecánica, o mayor plasticidad para facilitar su conformación.

Existen otros tratamientos: termoquímicos (modifican también su composición, como cementación, nitruración, etc.), mecánicos (forja, deformación), termomecánicos (ausforming) o superficiales (cromado duro). Sin embargo, nos centraremos en los tratamientos térmicos, ya que son el tipo de tratamientos que aplicaremos a las piezas después de su mecanización.

Los tratamientos térmicos son operaciones de calentamiento y enfriamiento de los metales que modifican su estructura cristalina, su grano y su constitución.

En este capítulo conoceremos algunos de los tratamientos térmicos más habituales a los que se someten los metales y después, más concretamente, en el acero.

1.5.1- El recocido.

El recocido consiste básicamente en un calentamiento a temperatura adecuada y de duración determinada, seguido de un enfriamiento lento de la pieza tratada.

Su objetivo es acabar con los estados anormales de los metales, que normalmente endurecen el material. Por ello, el resultado suele ser un ablandamiento del metal.

Existen cuatro clases fundamentales de recocidos:

-Recocido de homogeneización: su objetivo es destruir la heterogeneidad química de la masa de un metal o aleación, producida por una solidificación defectuosa. Se realiza a temperaturas relativamente elevadas, cercanas a la fusión, y se aplica principalmente a las aleaciones de metales no férreos propensas a segregaciones.

-Recocido de regeneración: destruye la dureza producida en una aleación por un enfriamiento rápido. Se realiza a altas temperaturas pero inferiores a las del recocido de homogeneización. Se aplica exclusivamente a aleaciones templables.

-Recocido contra acritud: destruye el endurecimiento producido por la deformación en frío de los metales (acritud). Se realiza a temperaturas muy poco superiores a las de recristalización, y se aplica a todos los metales que se endurecen por deformación en frío.

-Recocido de estabilización: Su objetivo es destruir las tensiones internas producida en la masa del metal debido a su mecanización o por moldeos complicados. Se realiza a temperaturas entre 100° C y 200° C. Se aplica a toda clase de metales y aleaciones. Se trata de un envejecimiento artificial, pues con él se consigue acelerar las deformaciones que se producirían en el transcurso del tiempo espontáneamente, evitando así la variación de cotas de las piezas una vez terminadas.

En los aceros, el fin principal es ablandar el material para que sea trabajado más fácilmente. Además de los ya indicados, existen otros tipos de recocido específicos, que se diferencian en las condiciones de calentamiento y enfriamiento.

La primera división entre los tipos de recocido son los recocidos subcríticos y los recocidos supercríticos. En los recocidos subcríticos, el acero se calienta hasta temperaturas inferiores a la temperatura crítica, mientras que en los aceros supercríticos se calientan hasta conseguir una austenización completa.

Los recocidos más utilizados en el acero son el recocido de regeneración, el recocido de austenización incompleta, el recocido globular subcrítico, el recocido contra acritud, el recocido de estabilización y el recocido isotérmico.

1.5.2- El temple.

El temple consiste en el calentamiento de algunas aleaciones seguido de un enfriamiento muy rápido para impedir la transformación normal del constituyente obtenido en el calentamiento.

Existen dos clases de temple: el temple de precipitación y el temple estructural o martensítico.

1.5.2.1- El temple de precipitación.

El temple de precipitación se aplica principalmente a algunas aleaciones de aluminio, magnesio y cobre. El metal se endurece a través de la precipitación de un compuesto químico. En este tipo de temple el endurecimiento se produce progresivamente después del enfriamiento. La causa de este endurecimiento por temple de precipitación estriba en que las partículas finas de precipitado constituyen obstáculos que se oponen a los desplazamientos de las dislocaciones. Por no tratarse de un temple propio de los aceros, nos centraremos más en el otro tipo de temple.

1.5.2.2- El temple martensítico.

El temple estructural o martensítico consiste en el calentamiento para obtener austenita seguido de un enfriamiento muy rápido, transformando la austenita en martensita.

La martensita es una solución sólida sobresaturada de carbono en hierro alfa tetragonal, que se origina en la transformación sin difusión de la austenita. Al no haber difusión, la transformación es casi instantánea. Provoca un endurecimiento y un aumento en la resistencia mecánica.

1.5.2.2.1- Fases del templado martensítico.

La primera fase del templado es el calentamiento. En ella se intenta transformar la masa de acero en austenita, y está condicionado por tres variables: la velocidad de elevación de la temperatura, permanencia de la temperatura límite y la temperatura límite.

La temperatura límite de temple es la temperatura mínima que se debe alcanzar para que toda su masa se transforme en austenita, por tanto, la temperatura debe de ser superior. Esto es especialmente importante en los aceros hipoeutectoides para que el templado sea llevado a cabo correctamente, aunque se suelen obtener tan buenas o mejores características sin llegar a la austenización completa. Suele utilizarse una temperatura de unos 50° C superiores a las críticas teóricas. Sin embargo, los aceros se templan todos a la temperatura del punto eutectoide+50° C independientemente de su composición.

Esta diferencia de temple entre aceros hipoeutectoides e hipereutectoides está justificada, ya que en el primer caso

(perlita+cementita) interesa transformar la perlita en austenita y de ahí en martensita, puesto que la cementita es más dura que la perlita. Sin embargo, en los hipereutectoides, si se intentara transformar la cementita y obtener el calentamiento austenita para todo el acero, se correría el riesgo de que se produjeran fisuras al templar, sin ganancia apreciable en las características. Se dice entonces que el acero ha sido hipertemplado.

Por tanto, la martensita de los aceros hipereutectoides contiene aproximadamente un 0,89% de carbono, que es el porcentaje de carbono de la perlita, que se transforma en martensita.

En la segunda fase del templado, el enfriamiento, se intenta transformar la totalidad de la austenita en martensita, aunque el constituyente deseado puede ser la bainita.

El principal factor de importancia de esta fase es la velocidad de enfriamiento mínima para que tenga lugar la transformación en martensita. A esta velocidad se le denomina velocidad crítica de temple. Si la velocidad de enfriamiento inferior, la austenita se transformará en troostita, sorbita o incluso no se transformará, volviendo a su estado inicial si la velocidad de enfriamiento es muy baja.

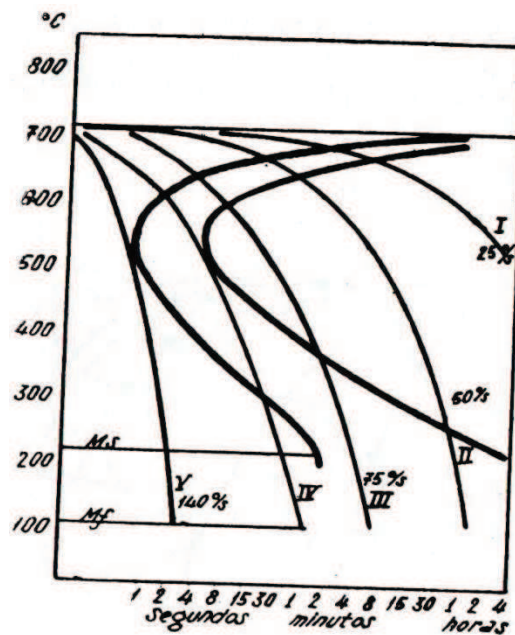
Las velocidades críticas del temple varían, siendo de entre 200 a 600 grados por segundo en aceros al carbono. Si el acero está aleado, la velocidad puede ser inferior, llegando incluso a velocidades inferiores a los 50 grados por segundo (enfriamiento al aire).

Existen dos velocidades críticas del temple, la inferior (velocidad mínima para que se inicie la martensita) y la superior (velocidad mínima para que todo el conjunto se transforme en martensita).

1.5.2.2.2- Representación del temple en los diagramas TTT.

El diagrama TTT es una representación gráfica para cada tipo de acero, que muestra los componentes en que se transformará la austenita dependiendo de su velocidad de enfriamiento.

En este diagrama se representa la temperatura frente al tiempo transcurrido.



Representación del diagrama TTT

La curva representativa de la velocidad crítica de temple es la situada más a la izquierda. A mayores velocidades, toda la austenita se transformará en martensita, y a menores velocidades parte de la austenita se transformará en otros constituyentes.

1.5.2.2.3- Factores que influyen en el temple.

Los factores que más influyen en el temple son:

-El tamaño de las piezas: En las piezas delgadas se observará muy poca diferencia de temperatura entre la periferia y el núcleo de las piezas. Si se trata de piezas de gran espesor o gran diámetro, la temperatura en el interior será inferior en el calentamiento y superior en el enfriamiento que la de su periferia, ya que el calor debe atravesar todo el espesor de la pieza, necesitando un tiempo determinado.

En los calentamientos únicamente se trata de que necesita un calentamiento más prolongado a mayor espesor tenga la pieza (hasta una cierta elevada temperatura, en la que la duración del calentamiento afectará al tamaño de grano).

Temperaturas recomendadas para el temple		
% C	°C	Austenización
0,10	925	Completa
0,20	900	Completa
0,30	870	Completa
0,40	840	Completa
0,50	830	Completa
0,60	810	Completa
0,70	780	Completa
0,80	770	Completa
0,90	770	Completa
1,00	760	Incompleta
1,20	760	Incompleta
1,40	760	Incompleta

Temperaturas recomendadas para el temple en dependencia del porcentaje de carbono

Sin embargo, el enfriamiento debe de ser relativamente rápido, y si la pieza es excesivamente espesa el núcleo no se enfriará con la debida rapidez, quedándose sin templar.

La zona templada tiene aproximadamente la misma profundidad, independientemente del espesor de la barra, para la misma composición del acero y condiciones de enfriamiento, aumentando ligeramente a medida que el diámetro es más pequeño. Cuando el radio de la pieza sea aproximadamente igual que la profundidad de temple, la totalidad de la masa de acero quedará templada.

Dureza Vickers	
Constituyentes del acero	V, Kg/mm ²
Austenita	400
Cementita	1100
Hierro puro	70
Ferrita	80
Grafito	10
Martensita	800
Perlita	250
Sorbita	275
Bainita	485
Troostita	550

Dureza de los principales constituyentes que pueden encontrarse en un acero templado

-Composición del acero: el porcentaje de carbono influye en la temperatura y en la velocidad crítica de temple.

La temperatura de temple es más baja cuando más se aproxima el acero a la composición eutectoide.

La velocidad crítica de temple es más baja según aumenta la cantidad de carbono.

Los elementos de aleación modifican la posición del punto eutectoide en el diagrama hierro-carbono, y el acero eutectoide ya no tiene la misma cantidad de carbono, desplazándose a izquierda o derecha, ni la misma temperatura de transformación, desplazándose hacia arriba o hacia abajo. Como resumen, indicaremos:

1-N, Ni, Mn, Cu y Zn rebajan la solubilidad del carbono en la austenita en equilibrio con la ferrita, desplazando el punto eutectoide hacia la izquierda y hacia abajo. Estos componentes se denominan gammágenos.

2-Cr, W, Mo, Si, V, Al, P y Ti aumentan la concentración de carbono en el punto eutectoide, y aumenta la región de estabilidad de la ferrita. Con contenidos suficientemente elevados, pueden obtenerse aceros exclusivamente ferrítico, que no sufrirán transformaciones en las operaciones de calentamiento y enfriamiento. Estos componentes se denominan alfégenos.

M. Aall trató de concretar los desplazamientos del punto eutectoide en el diagrama hierro-carbono en función de los porcentajes de aleación de los elementos, trazando a través del nuevo punto eutectoide el resto del diagrama. Los desplazamientos propuestos para algunas aleaciones son los siguientes:

<u>Desplazamientos</u>	<u>Ni</u>	<u>Cr</u>	<u>Mn</u>	<u>Ti</u>	<u>V</u>	<u>Mo</u>	<u>Co</u>
Verticales	-11,5	+8,3	-32,5	+7	+28	+3	+9,6
Horizontales	-0,03	-0,065	-0,09	-0,08	-0,3	-0,13	-0,06

Representa el desplazamiento del punto eutectoide por cada 1% de cada componente en la aleación. En los

desplazamientos verticales, el signo + indica un desplazamiento hacia arriba y el signo – un desplazamiento hacia abajo. En los desplazamientos horizontales, el signo + indica un desplazamiento hacia la derecha y el signo – un desplazamiento hacia la izquierda.

Además de influir en la temperatura del temple, los elementos de aleación aminoran la velocidad crítica, desplazando las curvas del diagrama TTT hacia la derecha. Los elementos que más la disminuyen son el manganeso y el molibdeno. Otros elementos que también la disminuyen con menos intensidad son el cromo, el silicio y el níquel.

Debido a ello, resulta mayor la profundidad de la zona que queda templada en los aceros aleados con estos elementos y también el espesor de las piezas que pueden quedar totalmente templados.

-Tamaño del grano: influye principalmente en la velocidad de temple. A igual composición, las velocidades críticas de temple son inferiores a las velocidades críticas de los aceros de grano grueso que los de grano fino.

El aumento del tamaño de grano desplaza las curvas TTT, disminuyendo la velocidad crítica de temple.

-Medio de enfriamiento: al sumergir una barra de acero en un líquido, tienen lugar las siguientes etapas:

1- Inmediatamente después de sumergirla, se forma una capa de vapor que envuelve el metal y dificulta el enfriamiento. Por esta razón, el enfriamiento es lento al principio, influyendo la temperatura inicial del baño, la temperatura de ebullición, la conductividad del vapor y el grado de agitación del baño.

2- Al descender la temperatura desaparece la envoltura de vapor aunque el líquido sigue produciendo burbujas. El enfriamiento es rápido y se denomina enfriamiento por transporte de vapor. Influyen la viscosidad del líquido y el calor de vaporización.

3- Cuando la temperatura del metal está por debajo de la temperatura de ebullición del medio, el

enfriamiento se realiza por conducción y convección, siendo lento (debido a la pequeña diferencia de temperatura) y estando influido por la conductividad térmica del líquido y su grado de agitación.

Resumiendo, el enfriamiento depende de las siguientes características del líquido de enfriamiento: temperatura inicial del baño, temperatura de ebullición, calor de vaporización, calor específico, conductividad calorífica y viscosidad; además de la masa del baño y su grado de agitación.

1-Temperatura del baño: a mayor temperatura, más se prolongará la primera etapa.

2- Temperatura de ebullición del líquido: Cuanto más bajo sea el punto de ebullición del baño, mayor será el desprendimiento de vapor de la primera etapa y más lento será el enfriamiento. Los medios más volátiles son el agua y el agua jabonosa.

3- Calor de vaporización: cuanto mayor sea el calor de vaporización del medio, mayor será el calor desprendido en la primera etapa por el vapor que se produzca en ella.

4- Calor específico: cuanto mayor sea el calor específico, menor será la temperatura del baño para una misma masa de líquido y calorías absorbidas. Por ello el agua es un medio de enfriamiento muy enérgico.

5- Conductividad calorífica: la transmisión de calor desde la pieza al baño depende de su conductividad calorífica. Sin embargo, su influencia es pequeña ya que el calor se transmite por toda la masa del líquido por convección.

6-Viscosidad: cuanto menos viscoso sea el líquido, más intensas serán las corrientes de convección y más rápido será el enfriamiento. Por ejemplo, la acción del aceite es menor enérgica que la del agua porque es más viscoso.

7-Masa del baño: cuanto mayor sea la cantidad del líquido del baño, menor será su

elevación de temperatura a medida que progresa el enfriamiento y más enérgico será éste. Si la masa es pequeña, la temperatura del baño aumenta rápidamente y el temple profundiza poco en las piezas. Esto es aprovechado en el temple de piezas delicadas de aceros muy duros, que enfriadas en baños de poca masa, se templean solo superficialmente, lo que disminuye los riesgos de tensiones internas y grietas.

8- Agitación del baño: la renovación del líquido en contacto con el acero favorece el enfriamiento.

1.5.2.2.4- Elección del medio de enfriamiento.

El medio de enfriamiento más adecuado para templear un acero es el que consiga una velocidad de enfriamiento ligeramente superior a la crítica.

Una velocidad de temple excesivamente elevada es perjudicial ya que aumenta el riesgo de grietas y tensiones, debido a que a las diferencias de enfriamiento entre la superficie y el interior de las piezas.

En los aceros al carbono, las velocidades críticas son bastante grandes, llegando hasta los 350°/s. En los aceros aleados, como los aceros rápidos, las velocidades críticas son mucho más lentas debido a la influencia de los elementos de aleación.

Los medios de enfriamiento más utilizados son:

-Agua: debe emplearse una temperatura máxima de 20° C, ya que de otra forma se prolongaría excesivamente la primera etapa del enfriamiento. Se emplea para templear aceros al carbono de más de 10 mm de espesor o diámetro.

-Aceites: antiguamente se utilizaban aceites animales (de pescado) y vegetales (sobre todo de colza). Ahora se prefieren los aceites destilados del petróleo, existiendo aceites específicos para el temple. Se utiliza para templear aceros al carbono de 5 a 10 mm de espesor o diámetro.

Su viscosidad es de 5 a 9° Engler, pudiendo llegar a la viscosidad de 2 a 4° Engles a 50° C. Su viscosidad aumenta

con el uso, por lo que los aceites deben desecharse cuando la viscosidad alcanza los 20° Engler a temperatura ambiente.

La temperatura de inflamación debe ser como mínimo 180° C y la de combustión de unos 200° C para evitar el riesgo de explosión.

Deben de ser resistentes a la oxidación y poco volátiles, para evitar que se produzcan muchas burbujas y no se consuma mucho aceite.

-Plomo: se emplea para templar herramientas de aceros especiales, muelles y alambres. Su temperatura de fusión oscila entre 400 y 600° C. Las piezas sumergidas en plomo se enfrían rápidamente debido a la alta conductividad de éste. Para evitar que las piezas floten, se han de sujetar con un dispositivo especial y hay que cubrir la superficie de plomo con carbón vegetal para evitar que se enfríe al contacto con el aire.

-Mercurio: se emplea para templar piezas delicadas como instrumentos de cirugía. El elevado precio del plomo limita su utilización.

-Sales fundidas: son baños de sales fundidas de proporciones variables de cloruros, nitratos, carbonatos, cianuros,... Además de para templar, también se utilizan para calentar a una temperatura determinada un metal y también para cementar y nitrurar.

1.5.2.2.5- Deformaciones producidas por el temple.

A consecuencia de los bruscos cambios de temperatura en el temple, se producen variaciones de volumen, y en ocasiones deformaciones y grietas.

Estas deformaciones pueden producirse inmediatamente después del tratamiento o al mecanizar las piezas, debido a que el material queda sometido a tensiones internas. Estas tensiones provocan variaciones externas cuando se altera el estado mecánico por cualquier causa.

El coeficiente de dilatación del acero es de $1,4 \times 10^{-7}$, lo cual significa que por cada grado, aumenta su longitud $1,4 \times 10^{-7}$ veces.

Al pasar por las temperaturas críticas, al cambiar la constitución del acero, cambia el volumen en sentido contrario al

experimentado por la dilatación térmica. Al atravesar los 723° C en un calentamiento, el hierro se contrae un 0,005% aproximadamente; y cuando la austenita se transforma en martensita al enfriarse se contrae. Es en éste procesos donde mayor riesgo aparición de grietas existe.

El efecto de las tensiones residuales puede manifestarse mucho tiempo después en forma de grietas. Por ello, conviene dar un revenido de estabilización, consistente en un calentamiento durante unas 100 horas a una temperatura de 100 a 150° C.

1.5.2.2.6- Defectos y accidentes en el temple.

Al ser el tratamiento térmico de condiciones más extremas, el temple es el proceso en el que más probabilidades hay para la aparición de defectos. Los defectos más comunes y sus causas son las siguientes:

-Dureza insuficiente: las causas pueden ser varias. La primera puede ser que la composición del acero no sea la adecuada, ya que si el porcentaje de carbono es menor al necesario, no adquirirá la dureza necesaria aunque el temple se desarrolle correctamente. Otra causa puede ser que no haya alcanzado la temperatura de austenización, de manera que al no existir austenita no puede transformarse en martensita, de la misma manera que si el acero tampoco permanece el tiempo necesario en la temperatura de austenización.

Otras causas son la falta de rapidez en el enfriamiento o la descarburación superficial. Esto suele suceder en los aceros con alto contenido en carbono, produciéndose puntos blandos, aunque también suele producirse si el enfriamiento no se ha desarrollado de manera regular. Esto puede evitarse utilizando atmósferas controladas.

-Fragilidad excesiva: puede estar producida por un exceso de temperatura, ya que al aumentar el tamaño de grano de la austenita, después del temple queda una estructura grosera y frágil, siendo necesario someter al acero a un recocido de regeneración y después templearlo a la temperatura correcta.

Otra causa puede ser que haya permanecido demasiado tiempo a la temperatura de temple. El resultado será la fragilidad después del temple. También se producirá si se calienta a una temperatura demasiado elevada, que “quema” al acero. Al acercarse al punto de fusión, el acero pierde los cristales de cohesión y al templarlo queda excesivamente frágil. Se le denomina “acero quemado” y no tiene solución.

Por último, un calentamiento irregular, producido por piezas de forma complicada y una excesiva velocidad de calentamiento, produce fragilidad en ángulos y aristas después del templado.

-Deformaciones: existen muchísimas causas por las que el acero puede sufrir deformaciones. La primera de ellas es el calentamiento excesivo, que distorsiona la estructura del acero y puede originar deformaciones permanentes. Otra muy importante es el calentamiento irregular, que se produce si las piezas no reciben el calor en toda su superficie de manera uniforme.

También, si las piezas no están apoyadas adecuadamente pueden producirse deformaciones por su propio peso, debiéndose evitar colocando apoyos adecuados. Influye además el acero que se está templando, existiendo un tipo de aceros considerados “indeformables”, de mejores resultados en igualdad de condiciones.

Por último, una forma excesivamente complicada de las piezas produce deformaciones inevitables, aunque en cierta medida puede evitarse enfriando más lentamente (aceite en vez de agua) o empleando métodos isotérmicos, como el austempering y el martempering; o los temple interrumpidos.

-Grietas y roturas: suelen producirse por un calentamiento demasiado rápido, debiendo realizarse un calentamiento lento y paulatino; o por un enfriamiento demasiado brusco. Los enfriamientos en agua, que son muy energéticos, son los más peligrosos. Por ello se ha de utilizar un medio de enfriamiento lo más lento posible. Por ello los aceros aleados suelen templarse en aceite.

Otra causa de la aparición de grietas y roturas es un defecto de la pieza, que si son de forma irregular con ángulos agudos y aristas pronunciadas y secciones débiles, aumentan las probabilidades de aparición de grietas y roturas si el temple es muy enérgico.

1.5.3- El revenido.

El revenido es un tratamiento complementario del temple y se aplica exclusivamente a los metales templados.

Existen dos tipos de revenidos, el revenido normal y el revenido de endurecimiento.

1.5.3.1- El revenido de endurecimiento.

También conocido como maduración artificial, se aplica a las aleaciones templadas por precipitación. Su objetivo es acelerar la precipitación del compuesto químico que endurece el material, obteniendo de esta manera el efecto contrario que el revenido normal, ya que endurece en lugar de ablandar.

La temperatura de maduración artificial depende de la aleación de la que se trata y de la permanencia a estas temperaturas. La velocidad de enfriamiento no tiene influencia en este tratamiento.

1.5.3.2- El revenido normal.

El revenido consiste en calentar al acero templado a una temperatura inferior a su temperatura de austenización, y enfriarlo después, normalmente al aire.

Antes se denominaba bonificación al conjunto de los tratamientos temple y revenido, y por ellos los aceros templados se denominaban aceros bonificados, ya que mejora sus características.

El objetivo del revenido es mejorar la tenacidad y la resiliencia de los aceros templados a costa de disminuir su dureza, su resistencia y su límite elástico. También reduce las tensiones internas del material que se producen a consecuencia del temple.

A veces, al revenir un acero de alta aleación puede ocurrir que el acero se endurezca debido a que la austenita residual se transforme en martensita.

1.5.3.2.1- Modificación de la constitución del acero mediante revenido.

Antes se creía que la modificación de las características mecánicas que se produce en el revenido eran debidas a la transformación de la martensita en troostita cuando el calentamiento alcanzaba los 400° C y en sorbita cuando rebasaba los 600° C. Hoy se cree que la martensita se transforma en cuatro etapas.

-De 100 ° C a 200° C: disminuye el contenido de la martensita por separación del percarburo de hierro épsilon. La estructura cristalina de la martensita cambia de tetragonal a cúbica.

-De 250° C a 400° C: si queda austenita residual, ésta se transforma en bainita. Si la temperatura alcanza los 600° C, la bainita se transforma en cementita y ferrita.

-De 250° C a 600° C: el percarburo de hierro épsilon se disuelve de nuevo formando una red de cementita rodeando las agujas de martensita. A medida que asciende la temperatura, esta red se va rompiendo. A partir de los 600° C se inicia su coalescencia o globalización, quedando el acero formado por cementita globular sobre una matriz ferrítica.

-A más de 600° C: si los aceros son de alta aleación, tiene lugar una cuarta etapa a temperaturas superiores a 600° C, en la que se precipitan los carburos complejos de aleación.

1.5.3.2.2- Factores que afectan al revenido.

Los factores que afectan al revenido son:

-Estado inicial de la pieza: el resultado final depende de si el acero templado está formado únicamente por martensita o de un acero que contiene un porcentaje elevado de austenita residual, que puede llegar hasta un 35%.

La cantidad de austenita residual que queda en los aceros templados varía según el porcentaje de carbono, la temperatura de austenización y los elementos aleados que contenga.

-Influencia de la temperatura: a igual permanencia en la temperatura de revenido, se observa que la dureza

aumenta hasta los 100° C debido a la precipitación de partículas sólidas de cementita.

Entre 200 y 300° C, la dureza decrece rápidamente según aumenta la temperatura.

Además, los efectos del revenido se obtiene más rápidamente según aumenta la temperatura, siendo menor el tiempo de permanencia.

-Influencia de la duración del calentamiento: para una misma temperatura de revenido suficientemente elevada, superior a los 150° C, la dureza del acero decrece sensiblemente los primeros 30 minutos con una disminución muy rápida durante los primeros 10 segundos.

Generalmente no interesa prolongar el revenido más allá de una hora pues no reporta los beneficios necesarios para compensar su coste.

Existe una teoría que establece la dureza después del revenido, para un determinado acero, en función de un parámetro que recoge al tiempo (t) y a la temperatura (T) de la siguiente forma:

$$T (k + \log t)$$

En la que k es una constante de valor aproximadamente 20 cuando t se expresa en horas.

-Influencia del tamaño de las piezas: normalmente, en las piezas gruesas el núcleo se queda sin templar. Al revenir las piezas gruesas se produce un efecto nivelador, ya que su efecto es mayor a mayor proporción de martensita, reduciéndose la dureza más en la periferia (templada) donde hay más porcentaje de martensita.

1.5.3.3- Doble revenido.

A algunos aceros, como los aceros rápidos e indeformables, se les suele someter a dos revenidos sucesivos después del temple. Estos aceros quedan normalmente después del temple con un elevado porcentaje de austenita residual.

En primer lugar se transforma la martensita en martensita revenida, y en la austenita residual se precipitan los carburos de los elementos de la

aleación, con la siguiente disminución de concentración de estos elementos.

Al enfriar de nuevo la austenita retenida se transforma en bainita inferior. Se tiene así una microestructura de martensita revenida y bainita inferior.

Si revenimos de nuevo el acero a unos 550° C, se iguala la microestructura haciendo que la bainita inferior se transforme en martensita revenida, disminuyendo las tensiones internas que produciría una bainita inferior sin transformar.

De este modo, la constitución final de los aceros rápidos tras un doble revenido es de martensita revenida y carburos complejos de los elementos de aleación sin disolver.

1.5.3.4- Importancia del revenido.

El revenido es el tratamiento acondicionador que le da al acero las propiedades adecuadas al fin al que se destinan, siendo el temple un tratamiento preparatorio con el objetivo de alcanzar toda la martensita pura posible.

Cuanto mayor sea la dureza del acero, mayor será el margen de las propiedades que pueden lograrse con un buen revenido, disminuyendo la dureza y aumentando la tenacidad.

Además, el revenido destruye las tensiones internas, estabiliza el material y consigue una estructura perfecta de cementita y carburos precipitados sobre una matriz dúctil de ferrita.

1.5.4- Normalizado.

El normalizado consiste en calentar el acero a una temperatura de 40 a 50° C superior a la crítica, esperar la austenización completa y dejarlo enfriar tranquilamente al aire.

El objetivo del normalizado es devolver el acero a su estado “normal”, después de haber sufrido tratamientos defectuosos o después de haber sido sometido a trabajos en caliente o en frío. Afina su estructura y elimina tensiones internas.

El resultado de este tratamiento depende del espesor de la pieza, debido a que las velocidades de enfriamiento son mayores en las piezas delgadas que en las piezas gruesas.

1.5.5- Tratamientos seleccionados.

Para mejorar las características mecánicas de las piezas mecanizadas, en concreto su dureza, se les aplicará un templado adecuado para este tipo de acero, seguido de un revenido para eliminar las tensiones internas.

Temperatura: 815°C.

Enfriamiento: por agua.

1.6- SELECCIÓN E IMPLANTACIÓN DE MÁQUINAS-HERRAMIENTAS CON CNC.

Lo primero antes de decidir las M-H a utilizar será considerar que operaciones se ejecutarán con cada una:

Operaciones de fresado, punteado, taladrado, avellanado, roscado: serán realizadas mediante fresadora controlada por CNC.

Para las operaciones con piezas de revolución, se utilizará un torno controlado por CNC para las operaciones de cilindrado, refrentado, taladrado (en el centro), ranurado,...

Para la generación del dentado cónico se utilizará una fresadora horizontal ayudada por un plato divisor y un generador Gleason.

Los requisitos mínimos del torno serán:

Potencia	15 kW
Máxima velocidad del cabezal	1000 rpm
Apertura de las garras	180 mm
Carrera	70 mm
Nº de herramientas en el revólver	5

Los requisitos mínimos del centro de mecanizado (fresadora vertical) serán:

Potencia	7,1 kW
Máxima velocidad del husillo	14000 rpm
Carrera (x,y,z)	200x200x70
Nº de herramientas en el revólver	8

Los requisitos mínimos del centro de mecanizado (fresadora vertical) serán:

Potencia	7,5 kW
Máxima velocidad del husillo	650 rpm
Carrera (x,y,z)	120x120 mm
Nº de herramientas en el revólver	2

1.7-MECANIZADO

En este capítulo analizaremos el mecanizado en general, con los siguientes objetivos:

1. Hallar una estimación de los tiempos de mecanizado para los cálculos referentes a costes y organización de la producción.
2. Organizar el orden de operaciones, definiendo las operaciones que se realizan, las máquinas-herramienta en que se van a realizar, las herramientas con que se van a realizar y cómo va a ser colocada la pieza (posición de la pieza).
3. Conocer y definir todas y cada una de las herramientas que, como mínimo, necesitaremos para la realización de nuestro producto.
4. Hallar los requerimientos mínimos de las máquinas-herramienta utilizadas.

Es importante tener en cuenta que se trata tan sólo de una estimación a priori, por lo que es posible que en algún punto se aleje de la realidad ya que los datos son muy variables (por ejemplo, el tiempo de preparación dependerá de la experiencia del operario), las trayectorias están simplificadas y los resultados son complicados de predecir sin una experiencia previa. Por tanto, estos datos deberán ser actualizados una vez que comience la producción en serie.

No todas las piezas del conjunto van a ser mecanizadas. Los tornillos normalizados DIN 84 serán adquiridos en una empresa de tornillería industrial, ya que al ser elementos normalizados es más rentable adquirirlos de esta manera. La tapa será subcontratada a una empresa para ser fabricada mediante embutición. Por último, el tornillo de fijación será subcontratado a una fábrica de tornillería.

En las tablas de tiempos de mecanizado se indicarán los siguientes apartados:

- **Nº Op:** Número de operación, indica el orden de las operaciones, así como relaciona los valores de la tabla con las posteriores descripciones de las operaciones.
- **Herramienta:** indica que herramienta va a ser la encargada de realizar la operación.
- **Ø (diámetro):** En las operaciones de torneado, indica el diámetro máximo, y por lo tanto el más restrictivo, de la operación. En una operación de cilindrado, el diámetro es constante, pero en otras operaciones (refrentado, cilindrado cónico, etc) el diámetro es variable, y por tanto, la velocidad angular del cabezal para mantener una velocidad de corte constante. Como se trata tan sólo de una estimación, utilizaremos para el cálculo el diámetro mayor para operaciones de refrentado, contorneado, cilindrado cónico, ranurado, etc; por ser el más restrictivo. En las operaciones en fresadora, indica el diámetro máximo de corte de la herramienta. En las operaciones en las que el diámetro de corte no sea constante, como el avellanado, se tomará el valor del máximo diámetro de corte. El valor del diámetro vendrá dado, en cualquier caso, en mm.
- **Vc teórica:** Es la velocidad de corte recomendada extraída de las tablas. Si en vez de ser dada por un valor viniera dada por un rango de valores, se tomará el valor medio. La velocidad de corte vendrá dada en m/min. Los valores de ésta para fresado y torneado provienen de la tabla de velocidades de corte tomada de

Procesos básicos de fabricación. Apuntes de clase (Universidad Pública de Navarra), mientras que para el resto de las herramientas se tomarán las velocidades de corte recomendadas por el fabricante.

- **n:** Régimen de giro, es la velocidad angular del husillo, y viene de la relación entre la velocidad de corte y el diámetro de la herramienta:

$$n = \frac{v_c * 1000}{\pi * \varnothing}$$

Este valor vendrá dado en revoluciones por minuto. El factor de conversión 1000 proviene de la conversión de la velocidad de corte en m/min en mm/min. El valor que dé la ecuación deberá ser redondeado, ya que normalmente en las máquinas-herramienta se programa la velocidad del husillo, no la velocidad de corte. Por ejemplo, para una velocidad de corte de 100 m/min y un diámetro de 8 mm, la velocidad del husillo necesaria es de 3978,9 rpm, y programaremos entonces una velocidad de 4000 rpm, aunque la velocidad de corte haya sido modificada (a 100,5 m/min). Además, en algunas ocasiones no es posible programar la herramienta a una velocidad óptima. Por ejemplo, con una velocidad recomendada de 150 m/min para una fresa de diámetro de 2 mm, la velocidad del husillo necesaria sería de 23873 rpm, muy superior al rango de velocidades de una fresadora estándar.

- **L_m:** Longitud de mecanizado, es la medida de la distancia que recorre la herramienta en una trayectoria estimada, siendo siempre valores orientativos. Este valor vendrá dado en mm, y depende de la estrategia de corte, que define la trayectoria.
- **T_m:** Tiempo de mecanizado, es el tiempo que tarda la herramienta cuando está realizando el corte, y al depender de la longitud de mecanizado es también orientativo. El tiempo de mecanizado de cada operación y el total se medirá en segundos, aunque se podrá dar si es demasiado grande una aproximación en minutos. Para hallar el tiempo de mecanizado, primero transformaremos el avance de mm/revolución en mm/min (multiplicándolo por el régimen de giro). Después dividiremos la longitud de mecanizado entre este valor para hallar el tiempo de mecanizado y lo transformaremos en segundos:

$$t_m = \frac{l_m}{a \times n} \times 60$$

- **T_{total}:** Es el tiempo total de mecanizado, contando únicamente aquellos tiempos en los que la herramienta está trabajando.

Otros tiempos que serán estimados por cada posición serán:

- **Preparación del material:** Es el tiempo que el operario tarda en colocar la pieza en la máquina y tomar el cero correspondiente.
- **Giro del plato divisor:** Es el tiempo que el plato divisor tarda en girar hasta tomar la nueva posición, en el caso de que sea utilizado.
- **Cambios de herramienta:** Es el tiempo que tarda la máquina herramienta en cambiar la herramienta que ha terminado temporal o finalmente su trabajo por

otra nueva. Tanto en el torno como en la fresadora este cambio se realiza de manera totalmente automática.

- **Recolocación de herramienta:** Es el tiempo que la herramienta se mueve en vacío hasta una nueva posición cuando, por ejemplo, ha de mecanizar varias partes inconexas de la pieza, o cuando tiene que dar más de una pasada en el torno. También cuenta como recolocación de herramienta el tiempo que tarda la herramienta en ir hasta la posición de seguridad para un cambio de herramienta y el tiempo que tarda en volver de ella. La velocidad durante la recolocación de la herramienta se realiza normalmente con una función G00, por lo que es más rápida que cuando la herramienta está mecanizando (función G01, G02, G03,...).
- **Expulsión de la viruta (taladrado):** Durante el taladrado, especialmente cuando son taladrados profundos, la viruta tiende a acumularse en la herramienta ya que no es capaz de desalojarla por completo. Esto es peligroso, ya que puede derivar en un desafilado prematuro de la broca o, incluso, en una rotura. Por ello, en muchos sistemas de taladrado automático siguen unas estrategias para minimizar el impacto de esta viruta, como romper la viruta mediante “golpes” axiales según va taladrando, o mediante la salida de la broca del agujero en intervalos para ayudar a expulsar la viruta. Durante el mecanizado en este proyecto, se seguirá esta última estrategia, por ser más segura (aunque tome más tiempo), y se hará una estimación (muy al alza), de que este tiempo será de 0,25 veces el tiempo de taladrado.
- **Expulsión de viruta (roscado):** Al igual que en el taladrado, durante el roscado también se acumula viruta en los filos del macho de roscar. Además, aquí se ve agravado debido a que el macho ha de dejar un buen acabado para que sea funcional y, además, son especialmente sensibles a ser dañados si no son utilizados correctamente. Al contrario que las brocas, no pueden salir del agujero que están roscando saliendo axialmente, si no que la salida axial debe ser acompañada por el giro del macho en sentido contrario al del trabajo, siguiendo la propia rosca que ha mecanizado. Por ello, la estimación será de 0,75 veces el tiempo de roscado.
- **Lubricación para el roscado:** Para que el roscado se realice de manera adecuada con un buen acabado, facilitar el deslizamiento del macho y evitar daños en éste, conviene lubricar el agujero con aceite como paso previo. Puede realizarse de manera manual (parando el ciclo añadiendo una función M0 antes del roscado) o de manera automática mediante una herramienta especial.

Sistema de engrase micro

patentado

CAD

+ www...

Ejecución: Carcasa VA estable con sistema de presión de 3 cámaras para una dosificación precisa del fluido de llenado.

Ventaja: Manejo muy sencillo en el centro de mecanizado. Sin necesidad del engrase manual, impreciso y engorroso. Las duraciones más prolongadas y la seguridad de proceso para todos los machos para roscar a máquina.

Adecuado para todos los aceites de corte para roscas hasta 570 mm²/s de viscosidad (ver nº 08.4210 y 08.4220).

Aplicación: En el centro de mecanizado el sistema de engrase micro de aplicación horizontal y vertical se incorpora en el proceso de fabricación. El aceite se distribuye mecánica e hidráulicamente del depósito de almacenamiento a la pared del agujero de alma de manera precisa mediante la tobera (microdistribuidor o microinyector). Con ello sólo se precisan pequeñas cantidades de aceite y se aplican de manera óptima. El sistema de engrase micro evita la consistencia de la emulsión en el centro de mecanizado quede afectada. El sistema de engrase micro evita con ello la transformación a emulsión considerablemente costosa con un 8 % de porcentaje de grasa como mínimo, que se requiere para la mecanización segura del proceso en los cortes de rosca.

Volumen de suministro: Sistema de engrase micro completo con cilindro principal tipo S y una tobera cada uno tipo DL, GL, además de un inyector de llenado.

Nota: Si se utiliza el cilindro principal nº 13.0102 tam. XL (no incluido en suministro), aumenta la medida L₂ de 100 mm a 130 mm y la medida L_{tot} de 150 mm a 180 mm.



Tamaño = Tipo		S	
	13 0100 Garant Sistema de engrase micro		XXX
Longitud total L _{tot}	mm		150
Longitud de la carcasa con tobera L ₂	mm		100
Ø vástago h6 D ₁	mm		20

Ejemplo: cantidad de aceite recomendada para perforaciones de agujeros para roscar							
Ø agujero para roscar	mm	1	3	5	10	20	30
Cantidad de aceite	µl	8	30	50	80	120	150
Avance en eje Z	mm	0,05	0,15	0,25	0,4	0,6	0,75

El gráfico muestra la aplicación de la tobera DL y GL.

1.7.1-Mecanizado del bloque.

Se trata de una pieza con simetría de revolución, a excepción de las ranuras-guía de las garras en la parte superior, los agujeros roscados en la parte inferior y los agujeros en las paredes laterales de alojamiento de los piñones. Por tanto, si fuera mecanizado únicamente en una fresadora vertical necesitaría, como mínimo, tres posiciones (a no ser que se tratara de una de cinco ejes, reduciendo las posiciones a dos).

Sin embargo, cabe considerar la utilización del torno para la realización de todas aquellas partes de revolución, ya que el ahorro en tiempo de mecanizado justificara la utilización de dos nuevas posiciones. Ya que el ahorro es muy considerable (reduce a la mitad los tiempos de mecanizado, y por tanto, los costes), se considera inevitable la utilización tanto de torno como de fresadora vertical. Además, al no tratarse de una pieza esbelta (el diámetro es mucho mayor que su longitud), se simplifica el torneado al no tener que utilizar el contrapunto.

Los agujeros laterales podrían realizarse directamente en una fresadora de cinco ejes, reduciendo el tiempo al reducir las posiciones. Sin embargo, el coste de la máquina sería mucho más elevado para una operación sencillamente realizable mediante un plato divisor.

Resumiendo, el proceso de mecanizado de esta pieza constará de dos posiciones en el torno que mecanizarán la forma general, seguido de tres posiciones en el torno: la primera mecanizará las ranuras guía, la segunda los agujeros roscados y la tercera, mediante plato divisor, los alojamientos de los piñones.

-Pieza: Bloque.

-Bruto: Cilindro de diámetro 165 mm y altura 67,5 mm.

Acero SAE-1060 sin tratamiento térmico.

Dureza 201 Brinell

Resistencia 750-950 N/mm²

-Herramientas a utilizar:

TIPO DE HERRAMIENTA	DIÁMETRO	REFERENCIA
Plaquita cilindrado exterior	-	0101
Plaquita cilindrado interior	-	0102
Plaquita de refrentar	-	0103
Plaquita de chaflán	-	0104
Plaquita de ranurado frontal	-	0105
Fresa	6	0201060
Fresa	8	0201060
Fresa de ranurar	16	0202160
Broca	12	0106120
Broca	2.7	0206027
Broca	9.5	0206095
Broca	8.5	0206085
Broca	5	0206050
Broca	4.2	0206042
Broca	4.5	0206045
Punteador 90°	6	020390060
Avellanador de 60°	11.25	020360112
Avellanador 90°	11.5	020390115
Macho de roscar	M5	020505
Macho de roscar	M6	020505
Macho de roscar	M10	020510

-Posiciones:

-Primera posición (torno): Sujeto con la parte de las ranuras hacia afuera. Se mecanizará hasta una distancia de 34,5 mm del extremo.

-Segunda posición: (torno) Sujeto con la parte de las ranuras hacia adentro. La altura mecanizada será de 34,5 mm respecto al bruto, de manera que se solapará 1,5 mm con lo mecanizado en la anterior posición.

-Tercera posición (fresadora vertical): Sujeto en plano horizontal con las ranuras hacia arriba.

-Cuarta posición (fresadora vertical): Sujeto en horizontal y con las ranuras hacia abajo.

-Quinta posición (fresadora vertical): Sujeto en vertical mediante plato divisor. Se repite 3 veces, girando el plato 120 grados.

-Primera posición:

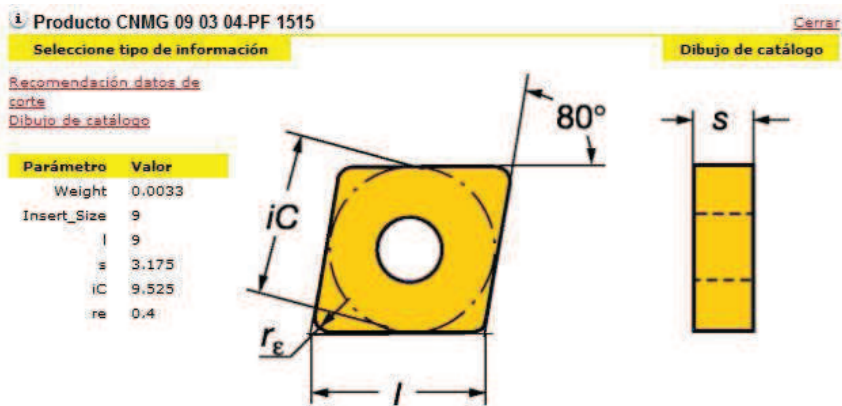
-Tiempo de preparación: 180 segundos.

Nº Op	Herramienta	Ø	Vc teórica (m/min)	a	n	Lm (mm)	Tm (s)
1	Plaquita cil. Ext.	165	60	1	110	34,5	18,82
2	Plaquita cil. Ext.	161	85	0,2	170	34,5	60,88
3	Plaquita refrentar	160	60	1	120	80	40,00
4	Plaquita refrentar	160	85	0,2	170	80	141,18
3	Plaquita chaflán	160	60	1	120	1,5	0,75
6	Broca	12	25	0,16	650	65	37,5
7	Plaquita cil. Int.	26	60	1	750	65	5,20
8	Plaquita cil. Int.	40	60	1	500	65	7,80
9	Plaquita cil. Int.	42	85	0,2	600	65	32,50
10	Plaquita chaflán	43,5	60	1	400	1,5	0,23
T total							344,86

5 minutos y 45 segundos

-Descripción de las operaciones:

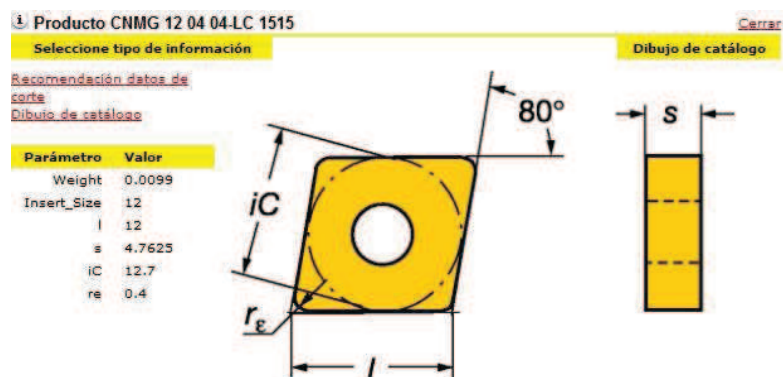
1ª Operación: Cilindrado de desbaste de la superficie exterior, mediante una pasada de 2 mm dejando 0,5 mm de demasía para el acabado. La trayectoria es desde el extremo hasta una distancia al bruto de 33,5 mm.



Plaquita de cilindrado con sus dimensiones

2ª Operación: Cilindrado de acabado de la superficie exterior, mediante una pasada de 0,5 mm. La trayectoria va desde el extremo hasta una distancia al bruto de 33,5 mm.

3ª Operación: Refrentado de desbaste de la cara externa, mediante una plaquita de refrentar y una pasada de 2 mm, dejando 0,5 mm para desbaste. La trayectoria va desde el extremo de la cara hasta el centro.



Plaquita de refrentar con sus dimensiones

4ª Operación: Acabado de la cara anteriormente desbastada, mediante una pasada de 0,5 mm y siguiendo la misma trayectoria.

5ª Operación: Chaflanado del borde exterior mediante la plaquita para chaflanar, haciendo un chaflán de 45° y 1,5 mm de profundidad.

Producto SPMR 12 03 04 4225

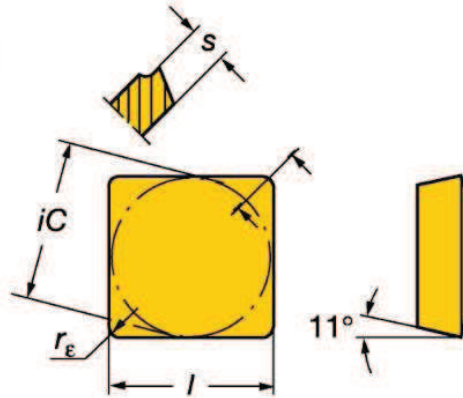
Cerrar

Seleccione tipo de información

Dibujo de catálogo

Dibujo de catálogo

Parámetro	Valor
Weight	0.086
Insert_Size	12
l	12
s	3.175
iC	12.7
re	0.4



Plaquita a 45°, que facilita el chaflanado.

6ª Operación: Taladrado de agujero central pasante mediante una broca de diámetro 12 mm.

Garant Brocas espirales mango cilíndrico

HSS DIN 338 Tipo N h8 118 CAD

Ejecución: Ángulo de la espiral, espesor del alma y aumento del alma normales.
Perfiles rectificados: broca espiral con precisión de concentricidad y de división y afilado de punta preciso. Con superficie brillante. Broca para la producción.

Nota: Tam: 16-20: Brocas con Ø del mango de 16 mm.

v _c = m/min	Al Plásticos	Al Aluminio	Al Fundición	Ac	P	P	P	P	H	H	H	INOX	INOX	Ti	GG(G)	CuZn	Grafito	Uni	Aire
Código ISO:	N	N	N	P	P	P	P	P	H	H	H	B	B	S	K	N	N		
11 4050	45		40	30	25										25	80			

Tamaño =	11 4050			
Ø h8	Garant	Broca espiral	HSS	
mm	N			
12	XXX	5 ud.	101	151
			0,16	

7ª Operación: Cilindrado interior de desbaste mediante una pasada de 7 mm, a lo largo del agujero pasante.

Producto CCET 06 02 01-UM 1025

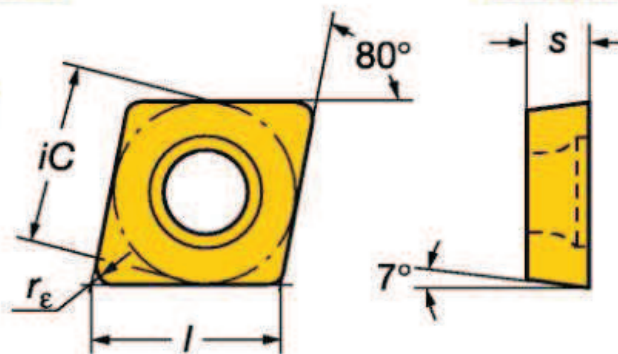
Cerrar

Seleccione tipo de información

Dibujo de catálogo

Recomendación datos de corte
Dibujo de catálogo

Parámetro	Valor
Weight	0.0011
Insert_Size	6
s	2.38125
iC	6.35
re	0.1



8ª Operación: Segunda pasada del cilindrado interior de desbaste, mediante una pasada de 7 mm a lo largo del agujero pasante.

9ª Operación: Cilindrado interior de acabado, mediante una pasada de 1 mm a lo largo del agujero pasante.

10ª Operación: Chaflanado del borde externo del agujero pasante, mediante un chaflán de 1,5 mm a 45°.

Concepto	Unidades	Tiempo unitario (s)	Total (s)
Cambios de herramienta	5	15	75
Recolocación de herramienta	10	3	30
Expulsión de viruta (taladrado)	37,5	0,25	9,375
			114,38

-Segunda posición:

-Tiempo de preparación: 180 segundos.

-Tiempo de mecanizado:

Nº Op	Herramienta	Ø	Vc teórica	a	n	Lm	Tm
1	Plaquita cil. Ext.	165	60	1	110	34,5	18,82
2	Plaquita cil. Ext.	161	85	0,2	170	34,5	60,88
3	Plaquita refrentar	160	60	1	120	38	19,00
4	Plaquita refrentar	123	60	1	160	40,5	15,19
5	Ranurado axial	123	60	1	160	204	76,50
6	Ranurado axial	123	85	0,2	220	143,5	195,68
7	Plaquita chaflán	160	80	1	160	6	2,25
T total							388,32

6 minutos y 28 segundos

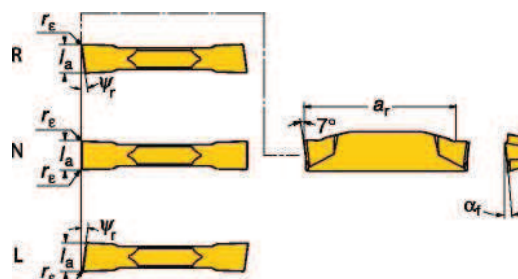
1ª Operación: Cilindrado de desbaste de las paredes laterales exteriores, mediante una plaquita de cilindrado, llegando hasta una distancia de 34,5 mm del extremo del bruto, solapándose así con lo ya mecanizado en la operación anterior.

2ª Operación: Cilindrado de afinado de la pared exterior, dejando por fin la pared exterior terminada.

3ª Operación: Refrentado de desbaste de la cara externa, arrancando 2 mm mediante una pasada.

4ª Operación: Refrentado de desbaste hasta el primer resalte, dejando una demasía de 0,5 mm respecto a éste y de la pared lateral (pasada de 7 mm).

5ª Operación: Ranurado axial de desbaste de la cavidad intermedia, dejando 0,5 mm demasía en paredes y suelo. La trayectoria será la de un torneado “en plunge”, es decir, por niveles, entrando en cada nivel una profundidad de tres cuartos de la anchura de la herramienta. Se realizará con una plaquita de ranurado axial, de una anchura de 7 mm.



6ª Operación: Con la misma herramienta, realizamos el acabado de las paredes desbastadas en las tres operaciones anteriores, siguiendo el contorno desde la parte más externa a la parte más interna.

7ª Operación: Con la plaquita de chaflanar a 45°, realizamos los cuatro chaflanes.

Concepto	Unidades	Tiempo unitario (s)	Total (s)
Cambios de herramienta	3	15	45
Recolocación de herramienta	9	3	27
			72

-Tercera posición:

-Tiempo de preparación: 240 segundos.

Nº Op	Herramienta	Ø	Vc teórica	a	n	Lm	Tm
1	Fresa Ø6	6	125	0,4	6500	2124	49,02
2	Fresa Ø6	6	150	0,08	8000	378	35,44
3	Fresa Ø6	6	150	0,08	8000	126	11,81
4	Fresa de Ranurar	16	125	0,4	2500	252	15,12
5	Fresa de Ranurar	16	150	0,08	3000	126	31,50
6	Fresa de Ranurar	16	150	0,08	3000	126	31,50
T total							174,39

2 minutos y 54 segundos

-Descripción de las operaciones:

1ª Operación: Desbastado mediante una fresa de diámetro 6 mm de las zonas de la ranura que pueden hacerse sin la fresa de



6ª Operación: Acabado de suelos (en este caso inferior y superior) de la parte inferior de la ranura.

Concepto	Unidades	Tiempo unitario (s)	Total (s)
Cambios de herramienta	1	15	15
Recolocación de herramienta	5	3	15
			30

-Cuarta posición:

-Tiempo de preparación: 240 segundos

-Tiempo de mecanizado:

Nº Op	Herramienta	Ø	Vc teórica	a	n	Lm	Tm
1	Punteador	3	33	0,05	3500	18	6,18
2	Broca Ø8,5	8,5	25	0,1	900	40,8	27,2
3	Broca Ø4,5	4,5	25	0,03	1500	132	176
4	Broca Ø5	5	25	0,07	1500	21	12
5	Broca Ø4,2	4,2	25	0,03	2000	40,8	40,8
6	Avellanador 90°	10,5	30	0,02	900	3	10
7	Avellanador 90°	7	30	0,02	1000	3	9
8	Avellanador 90°	6,2	30	0,02	1500	3	6
9	Escariador H7	4,7	7	0,1	500	129	154,8
10	Macho de roscar M10	10	15	1,5	500	10	0,8
11	Macho de roscar M6	10	15	1	500	6	0,72
12	Macho de roscar M5	10	15	0,8	500	10	1,5
T total							445

7 minutos y 25 segundos

-Descripción de las operaciones:

1ª Operación: Punteado de los agujeros que posteriormente serán taladrados, mediante una penetración de 2 mm (diámetro 4 mm).

Garant Brocas de punta CN de metal duro integral														
Ejecución:			Afilado de punta precisamente centrado con filo transversal pequeño – con ello se consigue un taladrado fácil y una elevada precisión de forma de la perforación de centrado. Muy estable gracias a las ranuras de viruta cortas. A partir de tam. 6 incluido con superficie de amarre HB; tolerancia de mango h6.											
Aplicación:			Con ángulo de punta de 90° para taladrar y avellanar simultáneamente si le sucede una broca espiral con un diámetro reducido. Con ángulo de punta de 142° para el contacto de la cuchilla principal de la broca espiral sucesiva.											
Nota:			Utilizar el número de revoluciones para el Ø de broca efectivo (no de forma generalizada para el Ø exterior de la broca).											
v _c = m/min			Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al
Código ISO:			12 1020	12 1040	12 1070	12 1110	12 1020	12 1040	12 1070	12 1110	12 1020	12 1040	12 1070	12 1110
Ø de la broca h6			2	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32
mm			2	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32
mm/rev.			0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11

2ª Operación: Taladrado de los agujeros correspondientes a los agujeros roscados M10 con una broca de diámetro 8,5 mm, con una profundidad de 13,6 mm.

3ª Operación: Taladrado de agujeros mediante una broca de diámetro 4,5 mm (3 agujeros), con una profundidad de 44 mm, para un posterior escariado.

4ª Operación: Taladrado de agujero para rosca M6 (diámetro 5 mm) en los 3 mismos agujeros anteriores, con una profundidad de 7 mm.

5ª Operación: Taladrado de agujeros para rosca M5 (diámetro 4,2 mm) con una profundidad de 13,6 mm.

6ª Operación: Avellanado de los agujeros de diámetro 8,5 (M10) con un avellanador de 90°, con una penetración de 1 mm, y por tanto, con un diámetro máximo de 10,5 mm.

Avellanador cónico 90°

metal duro integral

MDI
universal

Z
3

DIN
335-C

Tipo
INOX

CAD
► www.

Ejecución:

Similar a DIN 335C. Todos los avellanadores provistos de 3 filos, con destalonado radial. Para el avellanado y el desbarbado sin vibraciones, Ø 6 y 8 en modelo de metal duro integral, a partir de Ø 10 cabezal de metal duro integral con vástago soldado.

$v_c = \text{m/min}$	Al Plásticos	Al Fundición	Al Acero	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	INOX	INOX	TI	GG(G)	CuZn	Grafito PRFV CFRP	Uni	max	min	Aire
Código ISO:	N	N	N	P	P	P	P	H	H	H	H	S	K	N	N				
15 0382 -	75	50	65	55	30	18	8	8	8	16	10	16	25						

Tamaño = Ø exterior	15 0382 Garant Avellanador cónico 90° Metal duro universal	Ø mínimo, para perforación a partir de			Avellanado cónico según DIN 74		INOX < 900 N
mm	Tipo INOX	mm	mm	h9 mm	AF	BF	f mm/rev.
6	XXX	2	40	5	M3	—	0,017
8	XXX	2	45	6	M4	—	0,017
10	XXX	2,5	46	8	M5	—	0,020
10,4	XXX	2,5	46	8	—	M5	0,020
11,5	XXX	2,8	56	8	M6	—	0,024
12,4	XXX	2,8	56	8	—	M6	0,024
15	XXX	3,2	60	10	M8	—	0,024
16,5	XXX	3,2	60	10	—	M8	0,024
20,5	XXX	3,5	63	10	—	M10	0,027
25	XXX	3,8	67	10	—	M12	0,030

7ª Operación: Avellanado de los agujeros de diámetro 5 (M6) con un avellanador de 90°, con una penetración de 1 mm, y por tanto, con un diámetro máximo de 7 mm.

8ª Operación: Avellanado de los agujeros de diámetro 4,2 (M5) con un avellanador de 90°, con una penetración de 1 mm, y por tanto con un diámetro máximo de 6,2 mm.

9ª Operación: Escariado de los agujeros de diámetro 4,7 H7.

10ª Operación: Roscado con macho M10 (3 agujeros) y profundidad 10 mm.

Machos para roscar a máquina para agujeros ciegos

para aceros bonificados de alta resistencia

Ejecución: DIN 371 (M2 – M10) y DIN 376 (M12 – M24).
13 5320 – Aplicable con **emulsión** (porcentaje de grasa mínimo 8%).

Nota: El sistema de engrase micro GARANT se encarga de distribuir el aceite de corte de manera precisa y óptima. Con ello se prescinde de la adaptación a la emulsión del 8 %. Ver nº 13 0100 tam. S.

DIN 376 135300

DIN 376 135320

Roasca una fusta muy cerca de la base del taladro.

v_c = m/min	Al Plásticos	Al Fundición	Al Acero	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al Inconel	Al Titanio	Al
---------------	--------------	--------------	----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	----

11ª Operación: Roscado con macho M6 (3 agujeros) y profundidad 6 mm.

12ª Operación: Roscado con macho M5 (3 agujeros) y profundidad 10 mm.

-Tiempos muertos:

Concepto	Unidades	Tiempo unitario (s)	Total (s)
Cambios de herramienta	8	15	120
Recolocación de herramienta	33	3	99
Expulsión de viruta (taladrado)	332,7	0,25	83,18
Expulsión de viruta (roscado)	2,52	0,75	1,89
Lubricación para roscado	9	10	90
			394,07

-Quinta posición:

-Tiempo de preparación: 240 segundos.

Nº Op	Herramienta	Ø	Vc teórica	a	n	Lm	Tm
1	Fresa Ø8	8	125	0,4	5000	443,4	13,30
2	Fresa Ø8	8	150	0,08	6000	323,6	40,45
3	Punteador	3	33	0,05	3500	3	1,02
4	Broca Ø9,5	9,5	25	0,1	800	6	4,5
5	Avellanador 60°	10,63	3,4	0,5	100	1	1,20
T total							60,43

1 minuto x3=3 minutos

-Descripción de las operaciones:

1ª Operación: Desbastado del agujero exterior, con un diámetro de 28,6 mm, mediante una fresa de diámetro 8 mm acabada en ángulo de 90°. Se realizará mediante círculos concéntricos, dejando una demasía de 0,3 mm para el acabado y pasadas de 4 mm.


[illegible]

2ª Operación: Afinado del agujero exterior con una fresa de diámetro 8 mm. Se realizará con una única trayectoria circular siguiendo el perfil final del agujero.

3ª Operación: punteado del agujero con una penetración de 1 mm, como paso previo al taladrado.








4ª Operación: taladrado del agujero de diámetro 9,5 mediante una broca de igual diámetro, con una profundidad de 6 mm.

5ª Operación: Avellanado del agujero mediante un avellanador de 60°, con una profundidad de 1 mm y por tanto, con un diámetro máximo de 10,63 mm.




Avellanadores cónicos 60°

para aceros resistentes a la corrosión y al ácido

Ejecución: Construcción muy estable, geometría especial para sollicitación máxima para avellanar y desbarbar sin vibraciones.

Material de corte:
Tam. 8 – De MDI
Tam. 10 – 25 – Cabezal MDI soldado al mango. Tipo de construcción similar a DIN 344 C.



$v_c = m/min$	Al Plásticos	Al	Al Funcion	< 500 N	< 750 N	< 900 N	< 1100 N	< 1400 N	< 55 HRC	< 60 HRC	< 67 HRC	< 70 HRC	INOX	INOX	Ti	GG(G)	CuZn	Grafito PRFV CFRP	Uni	Al	Ac	Al	Al	Aire
Código ISO:	N	N	N	P	P	P	P	P	H	H	H	H	M	M	S	K	N	N						
15 0855 –				65	60	60	18	8	8				16	16	16	25								

Tamaño = Ø exterior	15 0855 Garant Avellanador cónico 60° MDI universal	Ø mínimo de avellanador para perforación a partir de				INOX < 900 N
mm		mm		mm	(H9)	f
8	XXX	2		50	6	0,05
10	XXX	2,5		50	8	0,06
12,5	XXX	3,2		56	8	0,06
16	XXX	4		63	10	0,07
20	XXX	5		67	10	0,08
25	XXX	6,3		71	10	0,09

-Tiempos muertos:

Concepto	Unidades	Tiempo unitario (s)	Total (s)
Giro del plato divisor	2	30	60
Cambios de herramienta	11	15	165
Recolocación de herramienta	12	3	36
Expulsión de viruta (taladrado)	18	0,25	4,5
			625,5

1.7.2-MECANIZADO GARRA.

Se trata de la única pieza del conjunto que no tiene ningún tipo de geometría de revolución, por lo que la utilización de torno queda, desde el inicio, descartada.

Debido a su geometría, relativamente sencilla, tiene un proceso de mecanizado relativamente sencillo, caracterizado únicamente por la necesidad de utilizar fresas de pequeño diámetro (2 mm, aunque podría hacerse también con una de 3) en la zona de las guías de la espiral, y las ranuras laterales de la guía con el bloque. Para éstas, podría hacerse una tercera y una cuarta posición, o bien podría utilizarse una fresa de vástago, que permita mecanizarla “desde arriba” en la primera posición.

Otra característica que le añade cierta complejidad son las ranuras laterales en las zonas de agarre, que lo cual se utilizarán dos fresas con plaquitas de fresado poligonales: una con una geometría de corte en forma de triangular de 60° (comercial, comúnmente utilizada para fresado de rosca métrica) y otra de forma, encargada para tal efecto, con una geometría circular de corte de 2 mm de diámetro.

Garant Sistema de fresado circular con placas de fresado poligonal

Fresa circular para plaquitas de fresado poligonales Tipo P16 / P26

Ejecución: Para el máximo en avances y productividad.
 21 7254 Tam. 18 – Con conexión roscada M8.
 21 7254 Tam. 27 – Con conexión roscada M12.

Pieza de repuesto: Tipo P16: Tornillo n.º 21 9818 (BIP; 1,2 Nm).
 Tipo P26: Tornillo n.º 21 9819 (20IP; 5,5 Nm).

Tamaño = Ø de perforación más pequeño	21 7250	21 7252	21 7254	Tipo	Medida												Modelo del mango	Juego de tornillos
	Acero	Metal duro	Acero		D	d ₁	d ₂	S _{max}	E	L ₁	L ₂	L _{tot}	L _{tot}	D ₁	D ₂		Nº	
18	XXX	XXX	XXX	P16	16,0	9,0	14,4	3,5	3,5	25	19,5	71,5	29,5	12,0	8,5	Weldon	21 9818	
18L	---	XXX	---	P16	16,0	12,0	---	1,95	3,5	---	---	86,5	---	12,0	---	cilindrico	21 9818	
27	XXX	---	XXX	P26	26,0	13,6	22,5	5,7	4,0	35	29,5	84,2	42,5	16,0	12,5	Weldon	21 9819	
27L	---	XXX	---	P26	26,0	16,0	---	4,4	4,0	---	---	105,5	---	16,0	---	cilindrico	21 9819	

Fresa circular de plaquitas (de diámetro 18) que sujetará las plaquitas de fresado poligonales

-Pieza: Garra.

-Bruto: Paralelepípedo de dimensiones 71 x 23 x 47.

Acero SAE-1060 sin tratamiento térmico.

Dureza 201 Brinell

Resistencia 750-950 N/mm²

-Herramientas a utilizar:

TIPO DE HERRAMIENTA	DIÁMETRO	REFERENCIA
Fresa	8	0201080
Fresa	2	0201020
Fresa de ranurar	22,5	0202225
Plaquita de fresar (triangular)	18	020701
Plaquita de fresar (circular)	18	020702

-Posiciones:

1ª Posición: sujeto mediante mordaza con las guías hacia arriba. Se mecanizará hasta una profundidad de 19 mm (respecto al bruto), dejando el resto para ser fresado en la segunda posición.

2ª Posición: sujeto mediante mordaza, con las guías hacia abajo. Se mecanizará hasta una profundidad de 29,5 (solapamiento de 1,5 mm).

-Primera posición:

-Tiempo de preparación: 180 segundos.

-Tiempo de mecanizado:

Nº Op	Herramienta	Ø	Vc teórica	a	n	Lm	Tm
1	Fresa Ø8	8	150	0,4	5000	213	10,65
2	Fresa Ø8	8	150	0,08	6000	213	26,63
3	Fresa Ø8	8	125	0,4	5000	193,58	5,81
4	Fresa Ø8	8	150	0,08	6000	191,75	23,97
5	Fresa Ø2	2	125	0,4	14000	340	3,64
6	Fresa Ø2	2	150	0,08	14000	304	16,28
7	Fresa Ø2	2	150	0,08	14000	340	18,21
8	Fresa de ranurar	22,5	125	0,4	2000	264	19,80
9	Fresa de ranurar	22,5	150	0,08	2000	264	99,00
10	Fresa de ranurar	22,5	150	0,08	2000	264	99,00
11	F. de plaquita triangular	18	125	0,4	2200	18	1,2
						T total	324,19

5 minutos y 24 segundos

-Descripción de las operaciones:

1ª Operación: Planeado de desbaste con una fresa de diámetro 8 mm hasta la superficie superior de las guías, dejando una demasía de 0,3 mm. La herramienta seguirá una trayectoria en zig-zag sobre la superficie, con una única pasada de 2,2 mm.

2ª Operación: Afinado de la parte superior de las guías, con una fresa de diámetro 8 mm y siguiendo una trayectoria en zig-zag sobre la superficie en el sentido longitudinal.

3ª Operación: Desbastado de la pared lateral con una fresa de diámetro 8 mm, ignorando las ranuras y dejando una demasía de 0,3 mm en pared para afinado. La herramienta seguirá una trayectoria sobre el perfil del bloque y por alturas, mediante una única pasada cada 4 mm en altura.

4ª Operación: Afinado de las paredes laterales mediante una fresa de diámetro 8 mm, siguiendo una trayectoria paralela a cada pared sin tocar la zona relativa a las ranuras.

5ª Operación: Desbastado de las ranuras de las guías mediante una fresa de diámetro 2 mm (sin destalonar, 90°), dejando una demasía de 0,3 mm en paredes y suelo para afinado. La herramienta seguirá el perfil de las ranuras a fin de hacer un correcto desbastado. La pasada será de 2,7 mm.

Garant

Fresa con mango cilíndrico de MDI MTC

Ejecución:

Con destalonado excéntrico.
Longitudes constructivas similares a DIN 6527 serie larga.
Corte al centro para inmersión.

Geometría especial de los espacios de viruta y alma reforzada. Fresas de desbastar de MTC con posibilidad de hasta 1,5 x D en la pieza llena.

Nueva generación de fresas de alto rendimiento de 3 filos en el intervalo de mecanizado MTC.

Con mango escalonado (medidas L₂ y D₂).

Aplicación:

Especial para el uso **MTC (Multi Task Cutting)** en la nueva generación de centros de fresado-torneado (MTM).

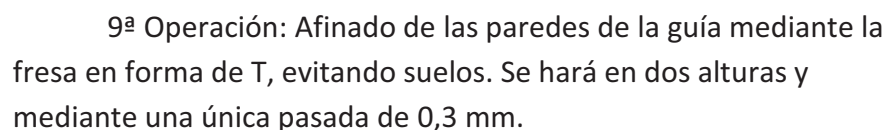
v _c = m/min	Al Plásticos	Al Fundición	Al Acero	Al Inconel	Al Titanio	Al Aluminio	Al Cobre	Al Latón	Al Bronce	Al Grafito	Al PTFE	Al Aire
Código ISO:	N	N	P	P	P	P	H	H	H	K	N	N
20 2390 -			250	220	200	190	170	90	60	130	100	160

Tamaño = Ø e8 D _c	20 2390	L ₂	L ₄	D ₂	L _{tot}	h ₆	f _z
mm	TiAlN	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	XXX	2,5	5	0,95	57	6	0,010
1,5	XXX	4	7,5	1,44	57	6	0,010
2	XXX	5	10	1,92	57	6	0,020
2,5	XXX	6,5	12,5	2,4	57	6	0,020
3	XXX	8	15	2,9	57	6	0,020
3,5	XXX	11	16	3,4	57	6	0,020
4	XXX	11	16	3,9	57	6	0,020
4,5	XXX	13	19	4,4	57	6	0,040
5	XXX	13	19	4,9	57	6	0,040
5,5	XXX	13	19	5,4	57	6	0,040
6	XXX	13	19	5,9	57	6	0,040
6,5	XXX	16	25	6,2	63	8	0,040

Tamaño = Ø e8 D _c	20 2390	L ₂	L ₄	D ₂	L _{tot}	h ₆	f _z
mm	TiAlN	mm	mm	mm	mm	mm	mm
7	XXX	16	25	6,9	63	8	0,040
7,5	XXX	19	25	7,3	63	8	0,040
8	XXX	19	25	7,7	63	8	0,040
8,5	XXX	19	30	8,2	72	10	0,060
9	XXX	19	30	8,7	72	10	0,060
9,5	XXX	22	30	9,2	72	10	0,060
10	XXX	22	30	9,7	72	10	0,060
12	XXX	26	36	11,7	83	12	0,060
14	XXX	26	36	13,7	83	14	0,080
16	XXX	32	42	15,5	92	16	0,080
20	XXX	38	52	19,5	104	20	0,100

6ª Operación: Afinado de las paredes de las ranuras, mediante la fresa de diámetro 2 mm, evitando mecanizar los suelos.

8ª Operación: Ranurado de la guía con la fresa en forma de T, con diámetro 22,5 y altura 5 mm, dejando una demasía de 0,3 en paredes y suelo (dos por lado), mediante dos pasadas de 2,2 mm y en dos alturas.



11ª Operación: Ranurado de la primera muesca triangular mediante una fresa con plaquitas poligonales (triangular), con una altura (medida t) de 3 mm.

Sistema de fresado circular con placas de fresado poligonales

► continuación

V _c = m/min	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)	Al (2122)
------------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

-Tiempos muertos

Concepto	Unidades (s)	Tiempo unitario (s)	Total (s)
Cambios de herramienta	3	15	45
Recolocación de herramienta	11	3	33
			78

Segunda posición:

-Tiempo de preparación: 180 segundos.

-Tiempo de mecanizado:

Nº Op	Herramienta	Ø	Vc teórica	a	n	Lm	Tm
1	Fresa Ø8	8	125	0,4	5000	213	63,9
2	Fresa Ø8	8	125	0,4	5000	1552	46,56
3	Fresa Ø8	8	125	0,4	5000	169	5,07
4	Fresa Ø8	8	125	0,4	5000	101,5	3,05
5	Fresa Ø8	8	150	0,08	6000	1139	142,38
6	Fresa Ø8	8	150	0,08	6000	51,6	6,45
7	Fresa Ø8	8	150	0,08	6000	61,5	7,69
8	Fresa Ø8	8	150	0,08	6000	48,9	6,11
9	Fresa Ø8	8	150	0,08	6000	57	7,13
10	Fresa Ø8	8	150	0,08	6000	57	7,13
11	F. de plaquita triangular	18	125	0,4	2200	134	9,13
12	F. de plaquita circular	18	125	0,4	2200	48	3,27
T total							250,36

4 minutos y 10 segundos

-Descripción de las operaciones:

1ª Operación: Planeado de la cara superior con una fresa de diámetro 8 mm, a través de dos trayectorias longitudinales sobre la superficie y con una pasada de 2,2 mm, dejando una demasía de 0,3 mm.

2ª Operación: Desbastado de las paredes laterales mediante una fresa de diámetro 8 mm, y dejando una demasía de 0,3 mm respecto a la pared. La trayectoria de la herramienta seguirá el contorno de la pieza, y mecanizará por niveles de a 4 mm.

3ª Operación: Desbastado del nivel de la segunda cara, dejando una demasía de 0,3 mm y mediante una fresa de diámetro 0,8 mm. La trayectoria será un zig-zag sobre estas superficies, terminando con un seguimiento del perfil circular, con pasadas de 4 mm.

4ª Operación: Desbastado del nivel de la segunda cara, dejando una demasía de 0,3 mm y mediante una fresa de diámetro 0,8 mm. La trayectoria será un zig-zag sobre estas superficies, terminando con un seguimiento del perfil circular, con pasadas de 4 mm.

5ª Operación: afinado de las paredes laterales de la garra con la fresa de diámetro 8 mm, siguiendo el perfil de la pieza y por niveles de a 4 mm.

6ª Operación: Afinado del suelo del primer nivel (el más alto), mediante la fresa de diámetro 8 mm, siguiendo una trayectoria en zig-zag sobre la superficie.

7ª Operación: Afinado del suelo del segundo nivel, evitando las paredes, mediante la fresa de diámetro 8 mm, siguiendo una trayectoria en zig-zag sobre la superficie y finalizando por un seguimiento del contorno.

8ª Operación: Afinado del suelo del tercer nivel evitando las paredes, mediante la fresa de diámetro 8 mm, siguiendo una trayectoria en zig-zag sobre la superficie y finalizando por un seguimiento del contorno.

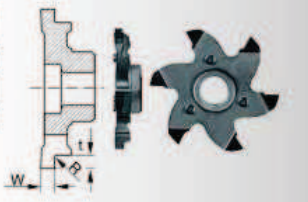
9ª Operación: Afinado de la pared curva de conexión entre el primer y el segundo nivel, mediante una fresa de diámetro 8 que sigue el perfil de la pared.

10ª Operación: Afinado de la pared curva de conexión entre el segundo y el tercer nivel, mediante una fresa de diámetro 8, siguiendo el perfil de la pared.

11ª Operación: Ranurado con la fresa de forma con acabado triangular (5 ranuras), siguiendo el perfil de la ranura y mediante una única pasada.

12ª Operación: Ranurado con la fresa de forma con acabado circular (2 ranuras), siguiendo el perfil de la ranura y mediante una única pasada.

Plaquitas de fresado para ranuras de retención, sin redondeado de cantos						Tipo P16 / P26	
Tamaño = Medida nominal grosor anillo	mm	1,3	1,6	2,15	2,65	3,15	Tipo
P16 21 7270 Plaquita de fresado para ranuras de retención, sin redondeado de cantos	HB 7720	XXX	XXX	—	—	—	3 ud. P16
P26 21 7275	HB 7720	—	—	XXX	XXX	XXX	3 ud. P26
Ancho de ranura W = 0,03	mm	1,38	1,68	2,23	2,73	3,23	
Profundidad (t)	mm	1,10	1,25	1,75	1,75	2,2	
Radio R	mm	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	



Aproximación a la plaquita circular, en este caso, el acabado sería una circunferencia de 2 mm de diámetro.

-Tiempos muertos:

Concepto	Unidades	Tiempo unitario (s)	Total (s)
Cambios de herramienta	3	15	45
Recolocación de herramienta	11	3	33
			78

1.7.3-Mecanizado de la corona.

Se trata de una de las piezas más complejas de este proyecto, debido a que forma parte del engranaje cónico, por un lado, y a la espiral por el otro.

Al igual que en caso del bloque, podría mecanizarse casi completamente (a excepción del dentado) en dos posiciones en la fresadora vertical. Sin embargo, la utilización del torno en dos posiciones simplifica y abarata enormemente el mecanizado, al tratarse una pieza de revolución, a excepción del engrane y de la espiral. Por tanto, se mecanizará toda la geometría de revolución, dejando la preforma de los dientes y de la espiral, empezando por esta última forma ya que así evitamos tener que agarrar la pieza por la conicidad en la segunda posición. El agujero central pasante puede realizarse en la primera posición porque no hay peligro de dañar el plato de garras del torno, ya que el plato necesario para sujetar esta pieza (plato de 250 mm de diámetro) tiene un orificio central de 76 mm de diámetro, superior al de la corona (70).

La tercera posición se realizará en la fresadora vertical, teniendo especial cuidado en el agarre de la pieza, sujetándola por los laterales sin apoyar con la parte cónica, y debidamente calada en el centro, para lo que se fabricará un útil que permita la sujeción adecuada.

El dentado se realizará, como método provisional, el método de aproximación, ya que las características de esta pieza lo permiten: número de dientes mayor de 25 y la longitud de los dientes es menor a $1/3$ de la longitud de la generatriz (está 19 a 60). De esta manera, se muestra una manera alternativa al mecanizado visto en los piñones (que no cumplen estas condiciones), aunque obviamente podrían realizarse también en un generador Gleason.

En éste método se utilizará una fresa especial en el que el espesor de vaciado del diente es inferior al vaciado normal al módulo inscrito. Tras torneear el engranaje a las cotas normales, se inclina el cabezal divisor un ángulo $\gamma = \alpha - (\beta + \beta')$, siendo α la mitad del ángulo del cono primitivo ($39,8^\circ$), β el ángulo correspondiente entre el círculo primitivo y el círculo exterior ($1,9^\circ$) y β' el ángulo correspondiente al juego del fondo de los dientes ($0,3^\circ$). Por tanto, $\gamma = 39,8 - (1,9 + 0,3) = 37,6^\circ$. El fondo de los dientes será siempre paralelo al desplazamiento de la mesa en la fresadora.

El siguiente paso será dar una pasada de desbaste con una profundidad de $2,157 \times \text{módulo}$, es decir, de 4,3 mm, utilizando para el ajuste un módulo m correspondiente a la menor dimensión del diente. La fresa se escogerá del número correspondiente a un número de dientes ficticio, dados por la fórmula:

$$N_f = \frac{N}{\cos \alpha} = \frac{59}{\cos 39,8} = 76,79$$

En el tallado se distinguen tres operaciones sucesivas:

- Ajuste de la fresa especial para engranajes cónicos en el eje de desbaste.
- Desplazamiento del carro transversal de la fresadora una distancia de $e/2$, igual a la mitad del grueso de la herramienta (útil), medido en el círculo primitivo, con el objeto de llevar su perfil exactamente al eje de tallado.

- Trabajo flanco por flanco, girando la manivela del divisor para que el árbol se desplace $\frac{1}{4}$ del paso del dentado, es decir, 0,79 mm. Esta rotación debe de ser de sentido inverso al precedente desplazamiento del carro transversal. Proceder, seguidamente y por mismo método con todos los dientes. Se utiliza la misma fresa para el desbaste y el trabajo flanco por flanco.

La fresa a utilizar para el tallado de los dientes cónicos será una de módulo 2 y número 1. Este método, sin embargo, requiere un acabado a lima.

-Pieza: Corona.

-Bruto: Cilindro de diámetro 125 mm y longitud 21 mm.

Acero SAE-1060 sin tratamiento térmico.

Dureza 201 Brinell

Resistencia 750-950 N/mm²

-Herramientas a utilizar:

TIPO DE HERRAMIENTA	DIÁMETRO	REFERENCIA
Plaquita de cilindrado ext	-	0101
Plaquita de cilindrado int	-	0102
Plaquita de refrentado	-	0103
Fresa	4	0201040
Fresa	2	0201020
Broca	15	0206150
Fresa cilíndrica	60	0301600
Fresa conformada	60	030221

-Posiciones:

-1ª posición: (Torno) Sujeto por el lado del engranaje, mecanizando hasta una distancia de 10,2 mm respecto al extremo bruto, es decir, hasta el comienzo de la rampa de los engranajes.

-2ª posición: (Torno) Sujeto por el lado de la espiral (aun sin mecanizar), mecanizando hasta una distancia de 10,8 mm respecto al bruto, es decir, hasta la base de la rampa en la que se encuentran los dientes del engrane.

-3ª posición (Fresadora): Sujeto con el lado de los engranes hacia abajo para mecanizar la espiral, prestando especial atención a que quede

sujeto con firmeza, en posición perfectamente horizontal, de manera que el mecanizado no sea deficiente.

-4ª posición: (Fresadora horizontal) Para el dentado de la corona, se sujetará mediante un plato divisor, que se deberá girar 1/59 vueltas tras operar sobre cada diente.

-Primera Posición:

-Tiempo de mecanizado: 180 segundos.

-Tiempos de mecanizado:

Nº Op	Herramienta	Ø máx	Vc teórica	a	n	Lm	Tm
1	Plaquita cilindrar ext	125	60	1	150	10,9	4,36
2	Plaquita cilindrar ext	120,3	85	0,2	220	10,9	14,86
3	Broca	15	20	0,1	500	23,5	51,27
4	Plaquita cilindrado int	69	60	1	275	63	13,75
5	Plaquita cilindrado int	70	85	0,2	400	21	15,75
6	Plaquita de refrentado	120	60	1	160	25,5	9,56
7	Plaquita de refrentado	120	85	0,2	225	25,5	34,00
T total							143,55

2 minutos y 36 segundos

-Descripción de las operaciones:

1ª Operación: Cilindrado exterior de desbaste, con una pasada de 2,2 mm, desde el extremo del bruto hasta una distancia de éste de 10,8 mm.

2ª Operación: Afinado de la anterior operación, con una pasada de 0,3 mm.

3ª Operación: Taladrado pasante en el centro mediante una broca de diámetro 15 mm.

4ª Operación: Cilindrado interior de desbaste, mediante 3 pasadas de 9 mm haciendo el agujero pasante llegando hasta un diámetro interior de 69 mm.

5ª Operación: Afinado de la anterior operación, mediante una pasada de 0,5 mm.

6ª Operación: Refrentado de desbaste, mediante una pasada de 2,9 mm, en el extremo del bruto.

7ª Operación: Afinado de la anterior operación, mediante una pasada de 0,3 mm.

-Tiempos muertos:

Concepto	Unidades	Tiempo unitario (s)	Total (s)
Cambios de herramienta	4	15	60
Recolocación de herramienta	9	3	27
Expulsión de viruta (taladrado)	23,5	0,25	5,9
			92,9

Segunda posición:

-Tiempo de preparación: 180 segundos

-Tiempo de mecanizado:

Nº Op	Herramienta	Ø	Vc teórica	a	n	Lm	Tm
1	Plaquita de cilindrado ext	125	60	1	150	10,8	4,32
2	Plaquita de cilindrado ext	120	85	0,2	220	10,8	14,73
3	Plaquita de cilindrado ext	118,8	85	0,2	230	5,4	7,04
4	Plaquita de cilindrado ext	118,8	60	1	160	24,7	9,26
5	Plaquita de cilindrado ext	118,8	85	0,2	230	19	24,78
6	Plaquita de cilindrado int	78	60	1	240	8	2,00
7	Plaquita de cilindrado int	78	85	0,2	350	8	6,86
						T total	68,99

1 minuto y 9 segundos

-Descripción de las operaciones:

1ª Operación: Cilindrado exterior de desbaste, arrancando los 2,5 mm de exceso y llegando hasta la longitud ya mecanizada, dejando la corona a un diámetro máximo de 120 mm, correspondiente a lo ya mecanizado en la anterior posición.

2ª Operación: Cilindrado exterior de afinado hasta el diámetro exterior del engrane (118,8 mm) llegando hasta la base de la rampa, y mecanizando el exterior de la rampa (entre el diámetro 118,8 y 120) a su salida, en forma de rampa.

3ª Operación: Contorneado de afinado, mecanizando la pared lateral exterior de los dientes del engranaje (profundidad máxima 0,9 mm).

4ª Operación: cilindrado cónico de desbaste, siguiendo la superficie superior de los dientes, dejando siempre respecto a la pieza una demasía de 0,3 mm. Seguirá la misma inclinación hasta llegar a la parte central que ya está mecanizada.

5ª Operación: con la misma herramienta, una pasada de afinado de la superficie superior de los dientes.

6ª Operación: contorneado cilindrado interior de desbaste de la superficie situada entre las paredes de los dientes de los engranajes que dan al centro y el propio centro, dejando una demasía de 0,3 mm respecto a todas las paredes, con una plaquita de cilindrado de interiores.

7ª Operación: Afinado de la anterior operación, con la misma herramienta, mecanizando la demasía de 0,3 mm.

-Tiempos muertos:

Concepto	Unidades	Tiempo unitario (s)	Total (s)
Cambios de herramienta	2	15	30
Recolocación de herramienta	7	3	21
			51

-Tercera posición:

-Tiempo de preparación: 240 segundos.

-Tiempo de mecanizado:

Nº Op	Herramienta	Ø	Vc teórica	a	n	Lm	Tm
1	Fresa	4	125	0,4	10000	893,4	13,40
2	Fresa	4	150	0,08	12000	894,4	55,90
3	Fresa	2	125	0,4	14000	895,4	9,59
4	Fresa	2	150	0,08	14000	923,6	49,48
5	Fresa	2	150	0,08	14000	867,1	46,45
6	Fresa	2	150	0,08	14000	923,6	49,48
7	Fresa	2	150	0,08	14000	867,1	46,45
T total							270,76

4 minutos y 31 segundos

-Descripción de las operaciones:

1ª Operación: Desbaste de las zonas fuera de la espiral, es decir, la parte más externa y la parte más interna, mediante una

única pasada con una fresa de diámetro 4 mm, y dejando una demasía de 0,5 mm en paredes y suelos para el afinado. De la espiral, la parte mecanizada sería la parte externa en la primera vuelta y la parte interna en la última.

Fresa con mango cilíndrico de MDI MTC									
MDI universal	DIN 6527	Tipo N	e8	Z 3	45°	90°	0,5-0,8	DIN 6535-HB	G 2,5 Rmax
Ejecución: Con destalonado excéntrico. Longitudes constructivas similares a DIN 6527 serie larga. Corte al centro para inmersión. Geometría especial de los espacios de viruta y alma reforzada. Fresas de desbaste de MTC con posibilidad de hasta 1,5xD en la pieza llena. Nueva generación de fresas de alto rendimiento de 3 filos en el intervalo de mecanizado MTC. Con mango escalonado (medidas L ₄ y D ₄). Aplicación: Especial para el uso MTC (Multi Task Cutting) en la nueva generación de centros de fresado-torneado (MTM).									
v _c = m/min									
	Al Plásticos	Al Fundición	Al	Ac	INOX	INOX	TI	GG(G)	CuZn
Código ISO:	N	N	P	P	P	H	H	S	N
20 2390 -			250	220	200	190	170	90	60
Tamaño = 20 2390									
Ø e8	TIAlN	L ₁	L ₄	D ₄	L _{tot}	h6	f _z	f _z	f _z
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	XXX	2,5	5	0,95	5,7	6	0,010	0,012	
1,5	XXX	4	7,5	1,44	5,7	6	0,010	0,012	
2	XXX	5	10	1,92	5,7	6	0,020	0,024	
2,5	XXX	6,5	12,5	2,4	5,7	6	0,020	0,024	
3	XXX	8	15	2,9	5,7	6	0,020	0,024	
3,5	XXX	11	16	3,4	5,7	6	0,020	0,024	
4	XXX	11	16	3,9	5,7	6	0,020	0,024	
4,5	XXX	13	19	4,4	5,7	6	0,040	0,048	
5	XXX	13	19	4,9	5,7	6	0,040	0,048	
5,5	XXX	13	19	5,4	5,7	6	0,040	0,048	
6	XXX	13	19	5,9	5,7	6	0,040	0,048	
6,5	XXX	16	25	6,2	6,3	8	0,040	0,048	
Tamaño = 20 2390									
Ø e8	TIAlN	L ₁	L ₄	D ₄	L _{tot}	h6	f _z	f _z	f _z
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
7,5	XXX	16	25	6,9	6,3	8	0,040	0,048	
8	XXX	19	25	7,3	6,3	8	0,040	0,048	
8,5	XXX	19	25	7,7	6,3	8	0,040	0,048	
9	XXX	19	30	8,2	7,2	10	0,060	0,072	
9,5	XXX	19	30	8,7	7,2	10	0,060	0,072	
10	XXX	22	30	9,2	7,2	10	0,060	0,072	
12	XXX	22	30	9,7	7,2	10	0,060	0,072	
14	XXX	26	36	11,7	8,3	12	0,080	0,096	
16	XXX	26	36	13,7	8,3	14	0,080	0,096	
20	XXX	32	42	15,5	9,2	16	0,080	0,096	
	XXX	38	52	19,5	10,4	20	0,100	0,120	

2ª Operación: Afinado de las partes mecanizadas en la operación anterior mediante la fresa de diámetro 4 mm, restando la demasía de 0,5 mm.

3ª Operación: Desbaste del hueco interno de la espiral, mediante una fresa de diámetro 2 mm, realizando una pasada de 2,5 mm y siguiendo por el centro de la ranura. Dejará, por tanto, una de demasía de 0,5 mm en paredes y suelo para el afinado. También mecanizará el estrechamiento del extremo de la espiral.

4ª Operación: Afinado de suelo de las partes desbastadas en la anterior operación, mediante el seguimiento de la misma trayectoria que en la anterior operación.

5ª Operación: Afinado de las paredes de la espiral mediante la fresa de diámetro 2, siguiendo el perfil de la espiral, tanto la externa como la interna, así como la pared lateral del estrechamiento.

6ª Operación: Desbastado del rebaje mediante una fresa de diámetro 2 mm, dejando una demasía de 0,3 mm, mediante un zig-zag sobre la rampa.

7ª Operación: Afinado del rebaje mediante una fresa de diámetro dos, realizando un zig-zag sobre la rampa.

-Tiempos muertos:

Concepto	Unidades	Tiempo unitario (s)	Total (s)
Cambios de herramienta	1	15	15
Recolocación de herramienta	6	3	18
			33

-4ª Posición:

-Tiempo de preparación: 180 segundos.

-Tiempo de mecanizado:

Nº Op	Herramienta	Ø	Vc teórica	a	n	Lm	Tm
1	Fresa conformada	60	125	0,4	650	2250	519,23
2	Fresa conformada	60	125	0,4	650	4498	1038,46
						T total	1557,70

25 minutos y 58 segundos

-Descripción de las operaciones:

1ª Operación: Desbaste del hueco de los dientes mediante una fresa conformada de módulo 2 y número 1, mediante dos pasadas. Este proceso se repetirá en cada uno de los 59 huecos de los dientes.



Fresas de módulo utilizadas para tallar engranajes cónicos en fresadora horizontal.

2ª Operación: Fresado de los flancos mediante una fresa conformada (módulo 2 y número 1) a cada lado.

-Tiempos muertos:

Concepto	Unidades	Tiempo unitario (s)	Total (s)
Recolocación de herramienta	177	3	531
			531

1.7.4-Mecanizado del piñón.

Se trata de una pieza pequeña, de revolución y de cierta complejidad debido al dentado del engranaje. Por ser una pieza de revolución, puede ser casi completamente mecanizada en el torno, a excepción del alojamiento para la llave y el dentado. Las pequeñas dimensiones del piñón dificultan el tallado, que ya no es posible mediante el método de aproximación en la fresadora horizontal, debido a que el número de dientes es menor a 25 (12), y a que cualquier intento de mecanizado mediante una fresa horizontal se traduciría en inevitables colisiones con el resto de la pieza, que ni siquiera un rediseño podría evitar.

La única solución encontrada ha sido la utilización de un generador de engranajes cónicos Gleason, que quedaría fuera, por tanto, de las máquinas herramienta más básicas, pero es la única manera de fabricarlo mediante mecanizado sin recurrir a un forjado, o al mecanizado en una fresadora vertical, que tomaría demasiado tiempo y dejaría un acabado bastante deficiente.

Tomadas en cuenta estas consideraciones, el proceso de fabricación será el siguiente: se fabricará la preforma del piñón mediante torno, pasando a una fresadora vertical que hará el alojamiento de la llave y el desbaste previo al dentado. Por último, el dentado será realizado en un generador Gleason.

-Pieza: Piñón.

-Bruto: Cilindro de diámetro 33 mm y longitud 56 mm.

Acero SAE-1060 sin tratamiento térmico.

Dureza 201 Brinell

Resistencia 750-950 N/mm²

-Herramientas a utilizar:

TIPO DE HERRAMIENTA	DIÁMETRO	REFERENCIA
Plaquita cilindrado exterior	-	0101
Plaquita refrentado	-	0103
Plaquita achaflanar	-	0104
Plaquita de forma	-	01071
Plaquita de forma	-	01072
Fresa	4	0201040
Fresa	2	0201020
Fresa	0,6	0201006
Avellanador	4	020404090

-Posiciones:

-1ª posición: (torno) Sujeto por el extremo más estrecho. Se mecanizará hasta una distancia de 18,6 mm respecto al extremo libre del bruto.

-2ª posición: (torno) Sujeto por el extremo contrario, se mecanizará hasta una distancia de 36,4 mm respecto al extremo libre del bruto.

-3ª posición (fresadora vertical): La pieza queda sujeta en vertical por su extremo más estrecho, para realizar el agujero de sección cuadrada. La sujeción puede realizarse de manera eficiente mediante un útil constituido por un plato de garras anclado a una placa, y ésta fijada en la mesa de la fresadora.

-4ª posición: (fresadora vertical) Sujetada en vertical por su lado más ancho, ahora se realizará el desbastado previo al tallado de los engranajes.

-5ª Posición (Generador Gleason): Tallado de los dientes mediante un generador gleason.

-Primera Posición:

-Tiempo de preparación: 150 segundos

-Tiempo de mecanizado:

Nº Op	Herramienta	Ø	Vc teórica	a	n	Lm	Tm
1	Plaquita de cilindrar	33	60	1	600	19,6	1,96
2	Plaquita de cilindrar	28,9	85	0,2	900	19,6	6,53
3	Plaquita de refrentar	28,6	60	1	700	14,3	1,23
4	Plaquita de refrentar	28,6	85	0,2	900	14,3	4,77
5	Plaquita forma	28,6	60	1	700	4,7	0,40
6	Plaquita de chaflanar	28,6	60	1	700	2,5	0,21
7	Plaquita de chafplanar	28,6	85	0,2	900	2,5	0,83
						T total	15,94

16 segundos

-Descripción de las operaciones:

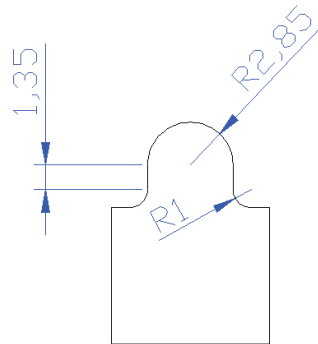
1ª Operación: cilindrado exterior de desbaste arrancando 1,7 mm y llegando hasta una distancia de 19,6 respecto al extremo del bruto.

2ª Operación: cilindrado exterior de afinado arrancando 0,5 mm y llegando hasta una distancia de 19,6 mm respecto al extremo del bruto.

3ª Operación: Refrentado de desbaste de la parte exterior, arrancando 2 mm de material.

4ª Operación: Refrentado de afinado de la parte exterior, arrancando 0,5 mm de material.

5ª Operación: Mecanizado de la ranura circular mediante un ranurado de forma, con una plaquita de la misma geometría (circunferencia de diámetro 4,7 mm y redondeos), y una penetración de 4,7 mm.



Dimensiones principales de la plaquita de forma.

6ª Operación: Desbastado del chaflán del extremo mediante una plaquita a 45 grados.

7ª Operación: Afinado del chaflán del extremo mediante la misma plaquita.

Concepto	Unidades	Tiempo unitario	Total
Cambios de herramienta	3	15	45
Recolocación de herramienta	6	3	18
			63

-Segunda posición:

-Tiempo de preparación: 150 segundos

-Tiempo de mecanizado:

Nº Op	Herramienta	Ø	Vc	a	n	Lm	Tm
1	Plaquita de cilindrar	33	60	1	600	19,6	1,96
2	Plaquita de cilindrar	27,9	60	1	700	14,3	1,23
3	Plaquita de refrentar	27,9	85	0,2	1000	14,3	4,29
4	Plaquita de cilindrar	27,9	60	1	700	10,8	0,93
5	Plaquita de cilindrar	27,9	60	1	700	18	1,54
6	Plaquita de cilindrar	27,9	85	0,2	1000	40,5	12,15
7	Plaquita de forma	27,9	85	0,2	1000	4,4	1,32
8	Plaquita de cilindrar	28,6	85	0,2	1000	3,6	1,08
T total							24,49

24,5 segundos

-Descripción de las operaciones:

1ª Operación: Cilindrado de desbaste hasta el diámetro 28,9 (diámetro de la circunferencia máxima del piñón) de derecha a izquierda.

2ª Operación: Refrentado de desbaste de la superficie externa, arrancando 2 mm de material.

3ª Operación: Refrentado de desbaste de la superficie externa, arrancando 0,5 mm de material.

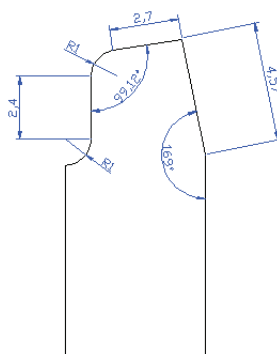
4ª Operación: Cilindrado de desbaste con una pasada de 9 mm dejando 0,3 mm para el afinado y llegando hasta el inicio del radio de redondeo de los dientes del engrane, es decir, hasta una distancia de 13,2 mm del respecto del extremo del bruto.

5ª Operación: Cilindrado cónico de desbaste, en el que se mecaniza la parte superior de los dientes del engrane, dejando una demasía de 0,3 mm para el afinado. La profundidad de corte máxima es, por tanto, 4,2 mm.

6ª Operación: Cilindrado de contorno de afinado sobre las superficies desbastadas en las dos operaciones anteriores, haciendo además el redondeo del extremo.

7ª Operación: Ranurado mediante una plaquita de forma, especialmente conformada para esta operación, y mediante una penetración en el sentido perpendicular al eje de giro. Este

ranurado mecaniza el espacio entre la base de los dientes y el resalte que hace de tope con el tornillo de fijación.



Dimensiones de la geometría de corte de la plaquita de ranurar.

8ª Operación: Cilindrado de contorno para mecanizar el último redondeo, mediante una plaquita de cilindrar. La herramienta sigue el perfil del arco.

-Tiempos muertos:

Concepto	Unidades	Tiempo unitario (s)	Total (s)
Cambios de herramienta	4	15	75
Recolocación de herramienta	7	3	24
			99

-Tercera posición:

-Tiempo de preparación: 150 segundos.

-Tiempo de mecanizado:

Nº Op	Herramienta	Ø	Vc teórica	a	n	Lm	Tm
1	Fresa Ø 4	4	125	0,4	1000	123,2	18,48
2	Fresa Ø 2	2	150	0,08	14000	196	10,50
3	Fresa Ø 2	2	150	0,08	14000	43	2,30
4	Avellanador	14	3,3	0,5	75	18	28,80
T total							60,08

60 segundos

-Descripción de las operaciones:

1ª Operación: Desbastado de la caja de sección cuadrada con extremos redondeados mediante una fresa de diámetro 4 mm, dejando una demasía de 0,3 mm en cada pared y suelo, además de quedar en las esquinas una demasía mayor correspondiente a la incapacidad de esa herramienta para mecanizar ese radio. La profundidad por corte será de 3,5 mm, realizándose un total de 7 pasadas. La trayectoria de la herramienta seguirá un perfil de forma cuadrangular de 4,4 mm de lado, finalizando cada pasada con una entrada al centro.

2ª Operación: Afinado de las paredes de la caja mediante una fresa de diámetro 2 mm, dejando el redondeo apropiado en las esquinas. La herramienta seguirá el perfil de las paredes, es decir, un cuadrado de 7 mm de lado.

3ª Operación: Afinado del suelo de la caja mediante una fresa de diámetro 2, siguiendo una trayectoria en zig-zag sobre la superficie.

4ª Operación: Avellanado del orificio, mediante un avellanador de 90° y diámetro 16,5; dejando una abertura máxima de 14 mm.

Concepto	Unidades	Tiempo unitario	Total
Cambios de herramienta	2	15	30
Recolocación de herramienta	3	3	9
			39

-Cuarta posición:

-Tiempo de preparación: 120 segundos.

-Tiempo de mecanizado:

Nº Op	Herramienta	Ø	Vc teórica	a	n	Lm	Tm
1	Fresa	0,6	125	0,4	14000	2280	24,43
2	Fresa	0,6	150	0,08	14000	456	24,43
						T total	48,86

39 segundos

-Descripción de la operación: Para realizar el desbastado previo, pasaremos una fresa de diámetro un poco menor al espacio mínimo entre

los dientes (de 0,6 mm), y mediante cinco pasadas desbastaremos cada hueco entre los dientes, bajando y subiendo una vez en cada pasada. Se dejará una demasía de 0,3 mm en la base y se realizará una última pasada de acabado (sólo del suelo). Se procederá con especial cautela y parámetros conservadores, debido a las características de esta herramienta.

Garant Microfresas de precisión de MDI										
MDI	Normal	Tipo	H	0	Z	2	30°	0,10	0,10	CAD
Ejecución: GARANT Diabolo: herramienta de nuevo desarrollo, especial para mecanizado duro. Entradadimensionalmente adecuada también para mecanizado de cobre electrolítico. Vaciado de 2 chulanes doblemente destallado para el mecanizado duro de alta precisión. Con mango escalonado (medidas L ₁ y D ₁). Corte al centro para inserción. Ángulo de escalón α = 16°.										
Tolerancias:										
• Tap, Ø nominal: D ₂ = 0,7 - 0,01 mm.										
• Ø de cuello: D ₂ = 0,7 - 0,02 mm.										
Nota: Factor de corrección para v _c en función de la medida L ₁										
f _{max} para a _p = 0,05 x D ₁ f _{max} para a _p = 0,1 x D ₁										
v _c = m/min										
Codigos ISO:										
20 1641										
Laminado = Ø D ₁ x L ₁										
Microfresas de MDI										
TiAlN										
Factor de corrección para v _c										
v _c Velocidad de corte m/min										
0,2 x 0,5										
0,2 x 1										
0,2 x 1,5										
0,3 x 1										
0,3 x 2										
0,3 x 3										
0,3 x 6										
0,3 x 9										
0,4 x 2										
0,4 x 3										
0,4 x 4										
0,4 x 5										
0,4 x 8										
0,4 x 12										
0,5 x 2										
0,5 x 4										
0,5 x 6										
0,5 x 8										
0,5 x 10										
0,5 x 15										
0,6 x 2										
0,6 x 4										
0,6 x 6										
0,6 x 8										
0,6 x 10										
0,6 x 12										
0,6 x 18										
0,7 x 2										
0,7 x 4										
0,7 x 6										
0,7 x 8										
0,7 x 10										
0,8 x 4										

Microfresa de precisión de 0,6x6

Concepto	Unidades	Tiempo unitario	Total
Recolocación de herramienta	24	3	72
			72

-Quinta posición:

-Tiempo de preparación: 120 segundos.

-Tiempo de mecanizado:

Nº Op	Herramienta	Vc teórica	Nº dientes	Tm
1	Generador gleason	35,62	12	427,5
T total				427,5

7 minutos y 7,5 segundos

-Descripción de la operación: De los datos del vendedor (velocidad de corte por diente, de 3 a 75 segundos por diente), se utiliza una velocidad media de 35,62 segundos por diente.

Debido a la dificultad de hallar información acerca del tiempo de mecanizado mediante el generador gleason, y habiendo sido definido el proceso en el capítulo correspondiente, la estimación de tiempos muertos se hará en base a lo que se tardaría por el método de aproximación.

-Tiempos muertos:

Concepto	Unidades	Tiempo unitario (s)	Total (s)
Recolocación de herramienta	24	3	72
			72

1.8- ESTUDIO ECONÓMICO.

Para el estudio económico de la viabilidad del proyecto se estudiará la rentabilidad global de la inversión.

Lógicamente, el desarrollo de una actividad industrial debe de ser rentable, y para ello debe suponer:

- La recuperación del capital invertido.

- El pago de los intereses que genera el préstamo recibido para el desarrollo de este proyecto (15%).

- Una rentabilidad que, tomando en cuenta los dos puntos anteriores, sea superior a la inflación (2,38% en el 2011).

Por tanto, la tasa de rendimiento deberá ser del 17,38%. Es decir, el beneficio mínimo obtenido para la recuperación del capital invertido.

A continuación, señalaré los principales datos que deben ser considerados para el cálculo del presupuesto para la compra de máquinas-herramienta.

-Datos del capital.

- Máquinas.

- Fundaciones.

- Herramientas especiales.

- Inversiones complementarias.

- Sustituciones.

-Incidencias en los costes.

a) Costes iniciales.

- Instalación.

- Formación.

- Herramientas básicas.

b) Costes de explotación.

- Costes de mecanizado.

- Stock en curso.

- Trabajos en curso.

- Recuperaciones y rechazos.

- Montaje.

-Gastos diversos.

- Gastos de calefacción, luz, espacio ocupado.
- Salario de los operarios, Seguridad Social.
- Carga y descarga, grúa.
- Consumibles: herramientas, refrigerantes, filtros, etc.

La toma en consideración de todos estos costes es relativamente compleja, pero para ello puede simplificarse utilizando el coeficiente 2,5 respecto del salario hora del operario.

-Costes de mecanizado.

Son los costes directos de preparación y fabricación. Mediante el cálculo de tiempos unitarios de preparación y fabricación y multiplicado por el número total de las piezas fabricadas anualmente, podremos conocer los costes de fabricado según las horas de trabajo. De esta manera definimos las siguientes variables:

- N**: número de piezas fabricadas anualmente (unidades).
- h**: tiempo de preparación de una serie (horas).
- t**: tiempo de fabricación de cada pieza (horas).
- b**: tamaño de la serie (piezas)
- C₁**: coste mecanizado por hora (€/hora).
- C₂**: tasa horaria de preparación (€/hora).

Coste de mecanizado de una pieza: $C_1 t + C_2 \left(\frac{h}{b}\right)$

Y por tanto, el coste anual es $N * (C_1 t + C_2 * \left(\frac{h}{b}\right))$

A esto habrá que añadir el coste del salario del operario.

-Stock en curso.

Se hace imprescindible tomar en cuenta el coste del material en curso de fabricación para que el cálculo sea lo más cercano posible a la realidad. El coste de almacenamiento, el capital inmovilizado en stocks y la posibilidad de una mala provisión de stocks puede ser considerado alrededor del 28% del coste anual de las mecanizaciones.

Siendo **M** el coste del material por pieza, el coste de la misma es

$$M + C_1 t + C_2 \frac{h}{b}$$

Y el de una serie

$$b(M + C_1 t + C_2 * \frac{h}{b})$$

El nivel medio de stock es $0'5b$, y de este modo el coste anual de los stocks en curso es

$$\text{Coste stock en curso} = 0.28(b/2)(M + C_1 t + C_2(h/b))$$

-Trabajos en curso.

El capital inmovilizado de los trabajos en curso puede considerarse alrededor del 25% del capital inmovilizado de Stocks en curso.

-Recuperaciones y rechazos.

Hay que tener en cuenta que los rechazos y recuperaciones pueden suponer un gasto de alrededor del 2,5% sobre el coste total de mecanizado.

-Montaje.

También hay que tener en cuenta los gastos de montaje, que en este caso al ser manual supone casi exclusivamente el salario del operario encargado del montaje, que en el caso de un plato de garras puede hacerse de manera totalmente manual y no es de naturaleza excesivamente compleja.

1.9- REFLEXIÓN FINAL.

El punto inicial de este proyecto fue encontrar algo que me permitiera de alguna manera comenzar un proceso que permitiera dar lugar a un proceso de cierta envergadura, que me obligara a aplicar conceptos adquiridos, aprender nuevos y encontrar soluciones a todos aquellos problemas que surgieran durante su desarrollo.

Para ello, me centré en la fabricación mediante máquinas-herramienta por varios motivos: en primer lugar, son uno de los tipos de maquinaria más clásicos y por tanto, más fáciles de encontrar información acerca de herramientas, técnicas, etc. En segundo lugar, en conjunto tienen la suficiente flexibilidad como para fabricar una gran variedad de formas y geometrías, a pesar del elevado coste de la fabricación mediante arranque de viruta. En último lugar, era un gran incentivo para conocerlas, siendo éste un interés personal.

El conjunto a fabricar, el plato de garras, fue elegido por su carácter puramente mecánico y su aparente sencillez.

Como era de esperar, su desarrollo no tuvo un comportamiento lineal. Comenzó con una primera etapa de información de los diferentes tipos, y posteriormente de las diferentes posibilidades de funcionamiento, la interacción con los demás elementos (unión con el contraplato), funciones y limitaciones de cada elemento, dimensiones estándar (como el diámetro del bloque),... Esto dio lugar a un primer diseño del plato, que hubo de ser modificado más tarde para responder a diferentes exigencias dimensionales por la interacción de los elementos. Un punto interesante del proyecto en este sentido fue el desarrollo de los engranajes cónicos, que obligó a la consideración de diferentes combinaciones de ángulos, módulos, nº de dientes, etc.; con sus correspondientes dimensiones que afectaban directamente al resto de elementos.

El siguiente paso fue decidir de qué manera debían ser fabricadas las diferentes partes, ya que no todas eran apropiadas para el mecanizado. Por ello, los tornillos comerciales y los de retención fueron “subcontratados”, así como la tapa, que dado su carácter de perfil delgado no era apropiada para el mecanizado. Se valoró la posibilidad de ser fabricada por inyección, decantándome al final por fabricarlo por embutición.

El resto de elementos, los aptos para la fabricación en serie mediante máquina herramienta, pasaron a la siguiente fase del proyecto. En ésta, se hubo de valorar las diferentes alternativas en cuanto a procesos, posiciones, herramientas, etc; para optimizar tiempos y costes, definir totalmente el proceso y evitar colisiones de herramienta. Este hecho también influyó en un pequeño reajuste de los planos, sobre todo en temas de radio de redondeo o para evitar colisiones.

En la parte de cálculos se ha demostrado que el plato cumple con holgura el requisito de velocidad máxima.

En la parte del presupuesto, debe señalarse que el plato resulta ligeramente más caro que otros platos comerciales de similares características (por ejemplo, plato Röhm de acero 506 €).

Esto es debido a que estos platos son de acero forjado, que es un proceso más barato que el mecanizado; y representa una alternativa más apropiada para grandes series. También pueden ser fabricados por fundición, resultando por tanto más baratos, aunque las características técnicas disminuyen. Por ejemplo, el plato de garras Röhm citado anteriormente puede encontrarse también en fundición, descendiendo su precio a 418 €, pero también disminuye su velocidad máxima permitida de 4600 rpm a 3500 rpm.

Por tanto, las ventajas con las que cuenta el mecanizado respecto al forjado es una mayor precisión y un menor coste para series cortas como la aquí presentada.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“CÁLCULO, DISEÑO Y PROCESO DE FABRICACIÓN DE UN
PLATO DE GARRAS”

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Ismael Mendiguchía García

Miguel José Ugalde Barbería

Pamplona, 22 de febrero de 2012

ÍNDICE

2.1- CÁLCULO DE ENGRANAJES CÓNICOS.....	2
2.2- MASA DE PIEZAS.	4
2.3-MASA DE BRUTOS.....	5
2.4-REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE LAS MÁQUINAS-HERRAMIENTA.....	6
2.5-TIEMPOS DE MECANIZADO.....	7
2.6-CÁLCULO DE VELOCIDAD MÁXIMA DEL HUSILLO.....	8

2.1- CÁLCULO DE ENGRANAJES CÓNICOS.

Los engranajes cónicos deberán ser normalizados, utilizando una cremallera de referencia UNE-18184. Para ello, sus parámetros deberán hacerse en base a fórmulas prestablecidas.

Partimos de la base de que el ángulo entre ejes es de $\gamma=90^\circ$. Por tanto, los semiejes del piñón β_1 y de la corona β_2 han de formar éste ángulo; y que las dimensiones del diámetro máximo no superarán 28,6 mm para el piñón y 120 mm para la corona.

La pareja elegida ha sido un piñón con 12 dientes mm y una corona con 58 dientes, ambos con un módulo de 2 mm.

-Piñón:

- Nº de dientes: $z_1 = 12$
- Módulo: $m = 2$
- Paso: $p = \pi \times m = 6,283 \text{ mm}$
- Diámetro primitivo: $dp_1 = 12 \times 2 = 24 \text{ mm}$
- Ángulo de presión= 20°
- Ángulo de los ejes: $\gamma=90^\circ$
- Semiángulo del cono primitivo:
$$\beta_1 = \arctg \frac{\text{sen} \gamma}{(z_2+z_1)+\cos \gamma} = \arctg \frac{\text{sen} 90^\circ}{(59/12)+\cos 90} = \arctg \frac{1}{4,9166} = 11,497^\circ$$
- Addendum: $a = m = 2 \text{ mm}$
- Dedendum: $b = 1,25 \times m = 1,25 \times 2 = 2,5$
- Diámetro exterior:
 $de_1 = dp_1 + 2 m \cos \beta_1 = 24 + 2 \times 2 \times \cos 11,497^\circ = 27,920 \text{ mm}$
- Diámetro interior: $de_1 = dp_1 - 2,5 m \cos \beta_1 = 24 - 2,5 \times 2 \times \cos 11,497^\circ = 19,100 \text{ mm}$
- Generatriz de contacto: $G = \frac{dp_1}{2 \text{sen} \beta_1} = \frac{24}{2 \text{sen} 11,497} = 60,208 \text{ mm}$
- Ángulo de addendum: $\theta_{a1} = \arctg \frac{m}{G} = \arctg \frac{2}{60,206} = 1,903^\circ$
- Ángulo de dedendum: $\theta_{b1} = \arctg \frac{1,25 \times m}{G} = \arctg \frac{2,5}{60,206} = 2,378^\circ$

-Corona:

- Nº de dientes: $z_2 = 59$
- Módulo: $m = 2$
- Paso: $p = \pi \times m = 6,283 \text{ mm}$
- Diámetro primitivo: $dp_1 = 59 \times 2 = 118 \text{ mm}$
- Ángulo de presión= 20°
- Ángulo de los ejes: $\gamma=90^\circ$
- Semiángulo del cono primitivo:
$$\beta_1 = \arctg \frac{\text{sen} \gamma}{(z_1+z_2)+\cos \gamma} = \arctg \frac{\text{sen} 90^\circ}{(12/59)+\cos 90} = \arctg \frac{1}{0,203} = 78,503^\circ$$

- Addendum: $a = m = 2 \text{ mm}$
- Deddendum: $b = 1,25 \times m = 1,25 \times 2 = 2,5$
- Diámetro exterior:
 $de_2 = dp_1 + 2 m \cos \beta_2 = 118 + 2 \times 2 \times \cos 78,503^\circ = 118,797 \text{ mm}$
- Diámetro interior: $de_2 = dp_2 - 2,5 m \cos \beta_2 = 118 - 2,5 \times 2 \times \cos 78,503^\circ = 117,003 \text{ mm}$
- Generatriz de contacto: $G = \frac{dp_1}{2 \sin \beta_2} = \frac{118}{2 \sin 78,503} = 60,208 \text{ mm}$
- Ángulo de addendum: $\theta_{a2} = \arctg \frac{m}{G} = \arctg \frac{2}{60,206} = 1,903^\circ$
- Ángulo de deddendum: $\theta_{b2} = \arctg \frac{1,25 \times m}{G} = \arctg \frac{2,5}{60,206} = 2,378^\circ$

2.2- MASA DE PIEZAS.

Nota: Datos obtenidos desde el programa de diseño.

- a) Bloque: $M_b = 5,375 \text{ kg}$
- b) Garras: $M_g = 0,245 \text{ kg}$
- c) Corona: $M_c = 0,641 \text{ kg}$
- d) Piñón: $M_p = 0,117 \text{ kg}$
- e) Tornillo de retención: $M_r = 0,005 \text{ kg}$
- f) Tapa: $M_t = 0,513 \text{ kg}$
- g) Tornillos DIN-84: $M_d = 0,0004 \text{ kg} \cong 0 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} Total &= M_b + 3M_g + M_c + 3M_p + 3M_r + M_t + 3M_d \\ &= 5,375 + 3 \times 0,245 + 0,641 + 3 \times 0,117 + 3 \times 0,005 \\ &\quad + 0,513 + 3 \times 0 = 7,630 \text{ kg} \end{aligned}$$

2.3-MASA DE BRUTOS.

Nota: $\rho_{\text{acero sae 1060}} = 7,85 \text{ kg/dm}^3$

- a) Bloque: cilindro de acero SAE 1060 de diámetro 167,5 mm y longitud 67,5 mm.

$$V_{bb} = \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2 \times l = \frac{1}{4} \times \pi \times 167,5^2 \times 67,5 = 1487384 \text{ mm}^3 \\ = 1,487 \text{ dm}^3$$

$$M_{bb} = V_{bb} \times \rho_a = 1,487 \times 7,85 = 11,697 \text{ kg}$$

- b) Garras: Paralelepípedo de acero SAE 1060 de 71x23x47 (en mm).

$$V_{gb} = a \times b \times h = 71 \times 23 \times 47 = 76751 \text{ mm}^3 = 0,077 \text{ dm}^3$$

$$M_{gb} = V_{gb} \times \rho_a = 0,077 \times 7,85 = 0,602 \text{ kg}$$

- c) Corona: cilindro de acero SAE 1060 de diámetro 125 mm y longitud 21 mm.

$$V_{cb} = \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2 \times l = \frac{1}{4} \times \pi \times 125^2 \times 21 = 257709 \text{ mm}^3 \\ = 0,258 \text{ dm}^3$$

$$M_{cb} = V_{cb} \times \rho_a = 0,258 \times 7,85 = 2,023 \text{ kg}$$

- d) Piñones: cilindro de acero SAE 1060 de diámetro 33 mm y longitud 56 mm.

$$V_{pb} = \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2 \times l = \frac{1}{4} \times \pi \times 33^2 \times 56 = 47897 \text{ mm}^3 = 0,048 \text{ dm}^3$$

$$M_{pb} = V_{pb} \times \rho_a = 0,048 \times 7,85 = 0,376 \text{ kg}$$

2.4-REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE LAS MÁQUINAS-HERRAMIENTA.

Utilizando las condiciones de mayor exigencia en cada caso:

a) Torno:

Velocidad del husillo máxima: 1000 rpm.

$$\text{Fuerza de corte} = F_h = S \times K_s = a \times p \times K_s = 1 \times 7 \times 2130 = 14910 \text{ N}$$

$$\text{Potencia} = F_h \times v_c = 14910 \text{ N} \times 60 \frac{\text{m}}{\text{min}} \times \frac{\text{min}}{60 \text{ s}} \times \frac{\text{kN}}{1000 \text{ N}} = 14,91 \text{ kW}$$

Apertura máxima de las garras: 160 mm

Carrera máxima: 67,5 mm

Número de herramientas en el revólver: 5.

b) Fresadora vertical:

Velocidad del husillo máxima: 14000 rpm.

$$\text{Fuerza de corte} = F_h = S \times K_s = a \times p \times K_s = 4 \times 0,4 \times 2130 = 3408 \text{ N}$$

$$\text{Potencia} = F_h \times v_c = 3408 \text{ N} \times 125 \frac{\text{m}}{\text{min}} \times \frac{\text{min}}{60 \text{ s}} \times \frac{\text{kN}}{1000 \text{ N}} = 7,1 \text{ kW}$$

Carrera (x,y,z): 200x200x70

Número de herramientas en el revólver: 8

c) Fresadora horizontal:

Velocidad del husillo máxima: 650 rpm

$$\text{Fuerza de corte} = F_h = S \times K_s = a \times p \times K_s = 4,25 \times 0,4 \times 2130 = 3621 \text{ N}$$

$$\text{Potencia} = F_h \times v_c = 3621 \text{ N} \times 125 \frac{\text{m}}{\text{min}} \times \frac{\text{min}}{60 \text{ s}} \times \frac{\text{kN}}{1000 \text{ N}} = 7,5 \text{ kW}$$

Carrera: 120 mm.

2.5-TIEMPOS DE MECANIZADO.

BLOQUE				
Posición	Tiempos de preparación	Tiempos de mecanizado	Tiempos muertos	Tiempo total
1	180	344,76	114,38	639,14
2	180	388,32	72	640,32
3	240	174,39	30	444,39
4	240	445	394,07	1079,07
5	240	181,29	625,5	1046,79
Total	1080	1533,76	1235,95	3849,71
GARRA				
Posición	Tiempos de preparación	Tiempos de mecanizado	Tiempos muertos	Tiempo total
1	180	324,19	78	582,19
2	180	250,36	78	508,36
Total	360	574,55	156	1090,55
CORONA				
Posición	Tiempos de preparación	Tiempos de mecanizado	Tiempos muertos	Tiempo total
1	180	143,55	92,9	416,45
2	180	68,99	51	299,99
3	240	270,76	33	543,76
4	180	1557,7	531	2268,7
Total	780	2041	707,9	3528,9
PIÑÓN				
Posición	Tiempos de preparación	Tiempos de mecanizado	Tiempos muertos	Tiempo total
1	150	15,94	63	228,94
2	150	24,5	99	273,5
3	150	60,08	39	249,08
4	120	48,86	72	240,86
5	120	427,5	72	619,5
Total	690	576,88	345	1611,88
Total Conjunto	5010	7029,05	3446,85	15485,9

Nota: Todos los tiempos están en segundos. Se considera que las tres garras tienen tiempos iguales (la variación es muy pequeña). En las sumas totales se incluye un bloque, una corona, tres garras y tres piñones.

-Tiempos de mecanizado según máquina-herramienta:

Tiempo en torno	Tiempo en fresadora vertical	Tiempo en fresadora horizontal
3503,22	7855,48	2268,7

Por tanto, la proporciones de máquinas-herramienta serán de 1,5:3,5:1 respectivamente (torno: fresadora vertical: fresadora horizontal).

2.6-CÁLCULO DE VELOCIDAD MÁXIMA DEL HUSILLO.

Para obtener un cálculo aproximado de la máxima velocidad del husillo, haremos un pequeño cálculo de resistencia de materiales, tomando las siguientes consideraciones:

- No tendrá en cuenta la fatiga.
- El punto más débil será la unión de la garra con la espiral de la corona.
- Se desprecia el peso de la garra.
- La situación límite se da cuando la garra queda apoyada sobre dos dientes, con el centro de masas de la garra a 65 mm del centro (uso no recomendado).
- La fuerza centrípeta actúa de manera puntual sobre el centro de la guía.
- El límite de fluencia del acero SAE 1060 es de 485 MPa (no considera el templado).
- El coeficiente de seguridad de cargas es de $\gamma=2,5$ y el de minoración de la resistencia es de $\mu=1,15$.

La inercia de la sección será aproximadamente $I_x \cong \frac{1}{12} 18 \times 2,66^3 = 28,44 \text{ mm}^4$

-La carga que soporta, al estar entre dos dientes, es de P (carga debida a la velocidad angular)/2.

$$\frac{\sigma}{\mu} = \frac{M \gamma}{I_x} y_{\max} \rightarrow \frac{485}{1,15} = \frac{\frac{P}{2} \times 2,5 \times 1,5}{28,44} 1,5 \rightarrow P = \frac{485 \times 2 \times 28,44}{2,5 \times 1,15 \times 1,5^2} = 4264,6 \text{ N}$$

$$P = m\omega^2 r \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{P}{rm}} = \sqrt{\frac{4264,6}{0,065 \times 0,250}} = 511,2 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 4881,6 \text{ rpm} \approx 4500 \text{ rpm}$$



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

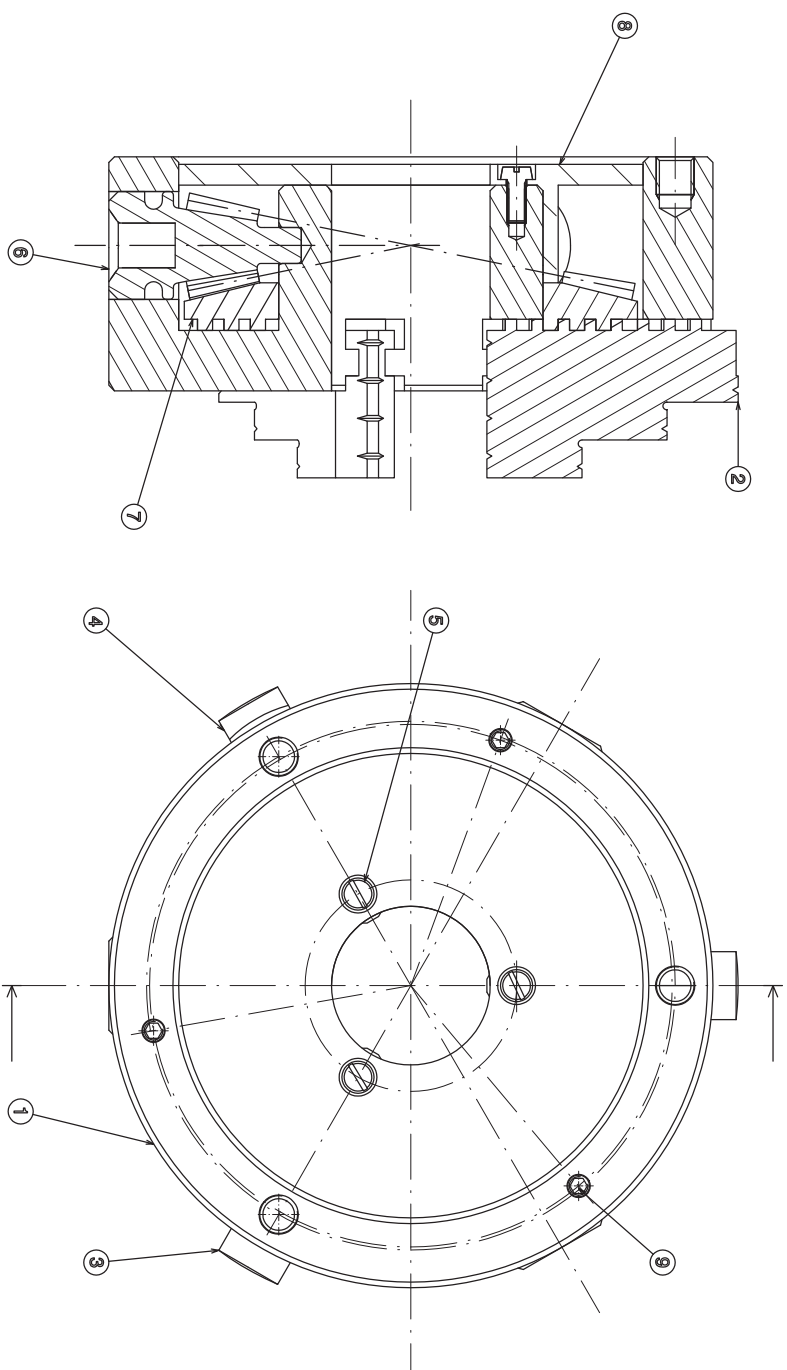
“CÁLCULO, DISEÑO Y PROCESO DE FABRICACIÓN DE
UN PLATO DE GARRAS”

PLANOS

Ismael Mendiguchía García

Miguel José Ugalde Barbería

Pamplona, 22 de febrero de 2012



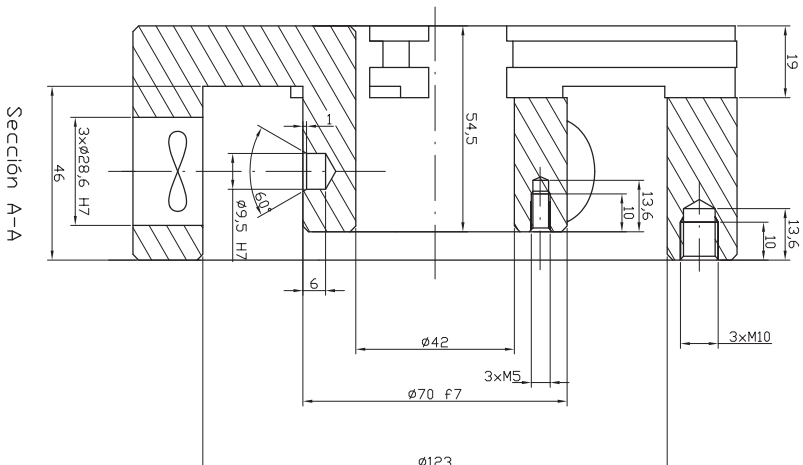
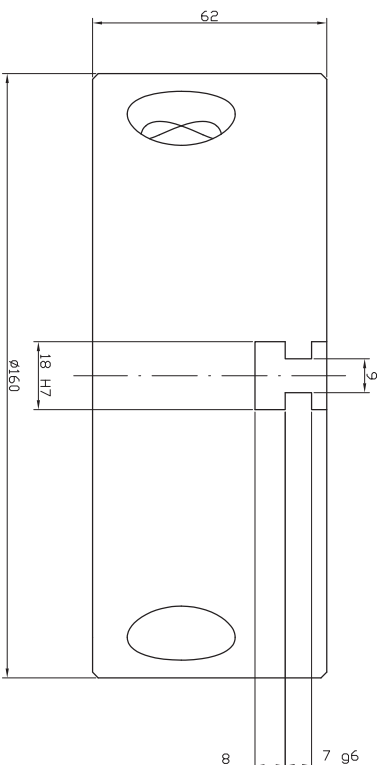
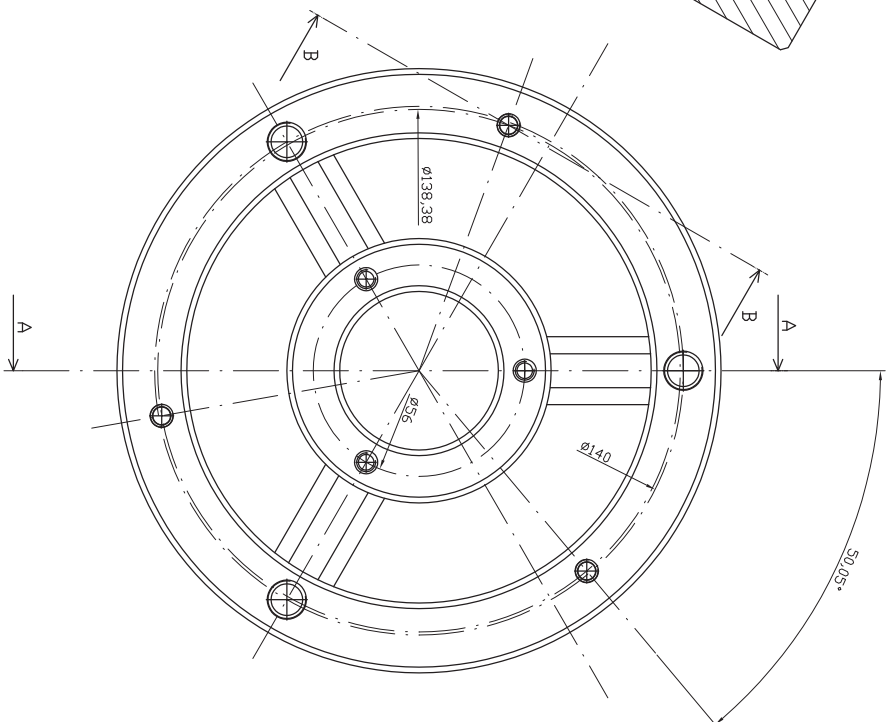
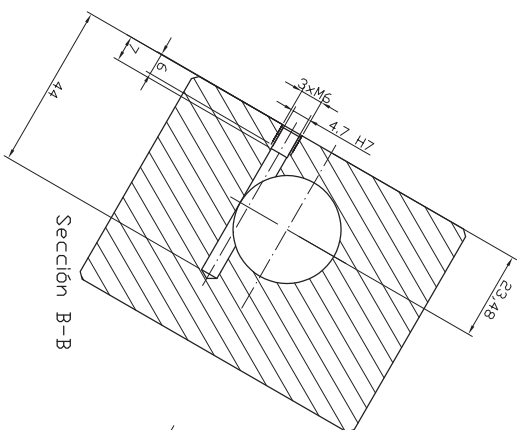
3	Tornillo de fijación	9	9		Acero
1	Tapa	8	8		Acero
1	Corona	7	7		Acero
3	Piñón	6	6		Acero
3	Tornillo	5		M5x11 DIN 84	Acero
1	Garra nº3	4	5		Acero
1	Garra nº 2	3	4		Acero
1	Garra nº 1	2	3		Acero
1	Bloque	1	2		Acero

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	
	INGENIERO	Plano
TECNICO INDUSTRIAL M.		


PROYECTO: PLATO DE GARRAS

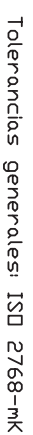
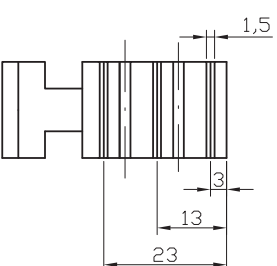
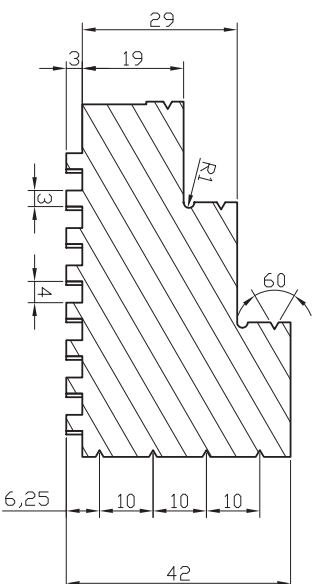
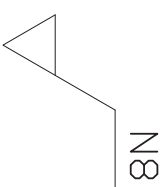
REALIZADO: MENDIGUOCHA GARCIA, ISMAEL
FIRMA:


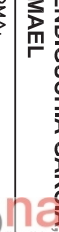
PLANO: CONJUNTO	FECHA: 09/02/12	ESCALA: 1:1	Nº PLANO: 1
-----------------	-----------------	-------------	-------------

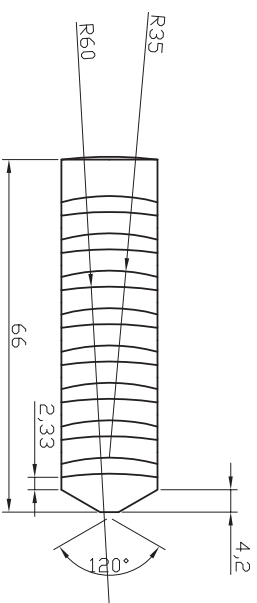


Chafilanes no acotados: 1,5x45°
Avellanados no acotados: 1x90°
Ángulos de punta: 118°
Tolerancias generales: ISO 2768mk

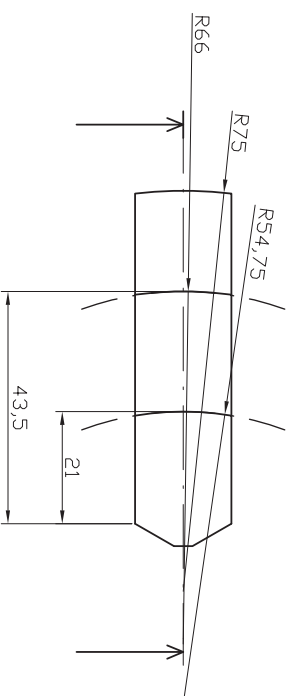
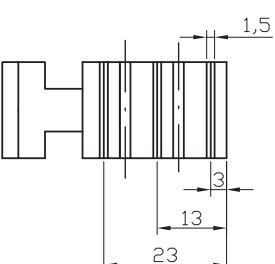
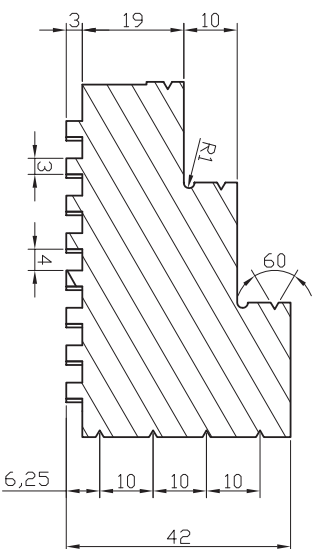
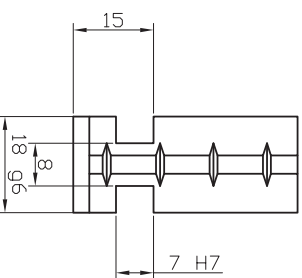
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	ET.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES
	REALIZADO: MENDIGUCHIA GARCIA ISMAEL FIRMA:	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES
PROYECTO: PLATO DE GARRAS	FECHA: 09/02/12	ESCALA: 1:1
PLANO: BLOQUE	2	2



 <p> Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa </p>	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES
	PROYECTO: PLATO DE GARRAS		
PLANO: GARRA Nº 1	FECHA: 09/02/12	ESCALA: 1:1	Nº PLANO: 3
FIRMA: REALIZADO: MENDIGUCHIA GARCIA ISMAEL			
<p>Todos los derechos reservados</p>			



N8



Tolerancias generales: ISO 2768-mK

Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:
PLATO DE GARRAS

REALIZADO:
MENDIGUCHIA GARCIA
ISMAEL

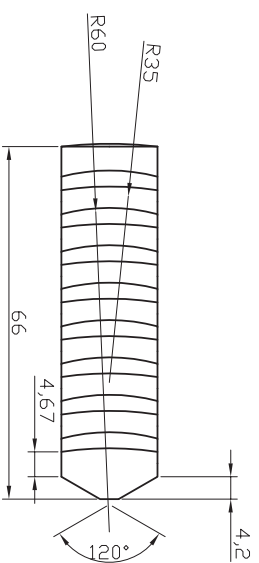
PLANO:

GARRA Nº 2

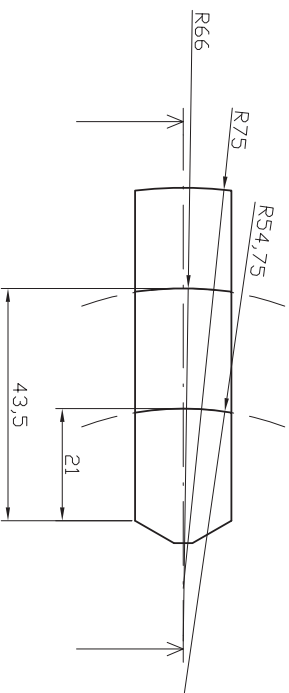
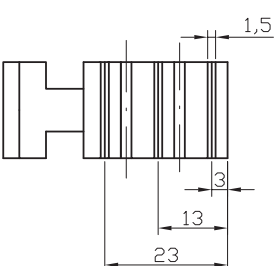
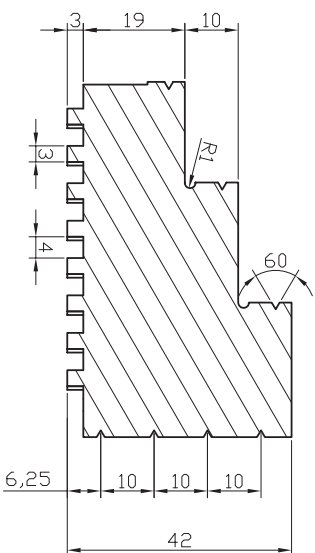
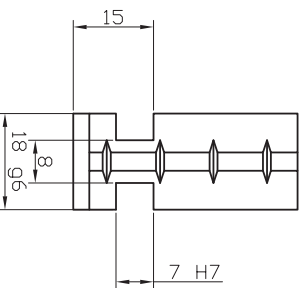
FECHA:
09/02/12

ESCALA:
1:1

Nº PLANO:
4



N8



Tolerancias generales: ISO 2768-mK

Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:
PLATO DE GARRAS

REALIZADO:
MENDIGUCHIA GARCIA
ISMAEL

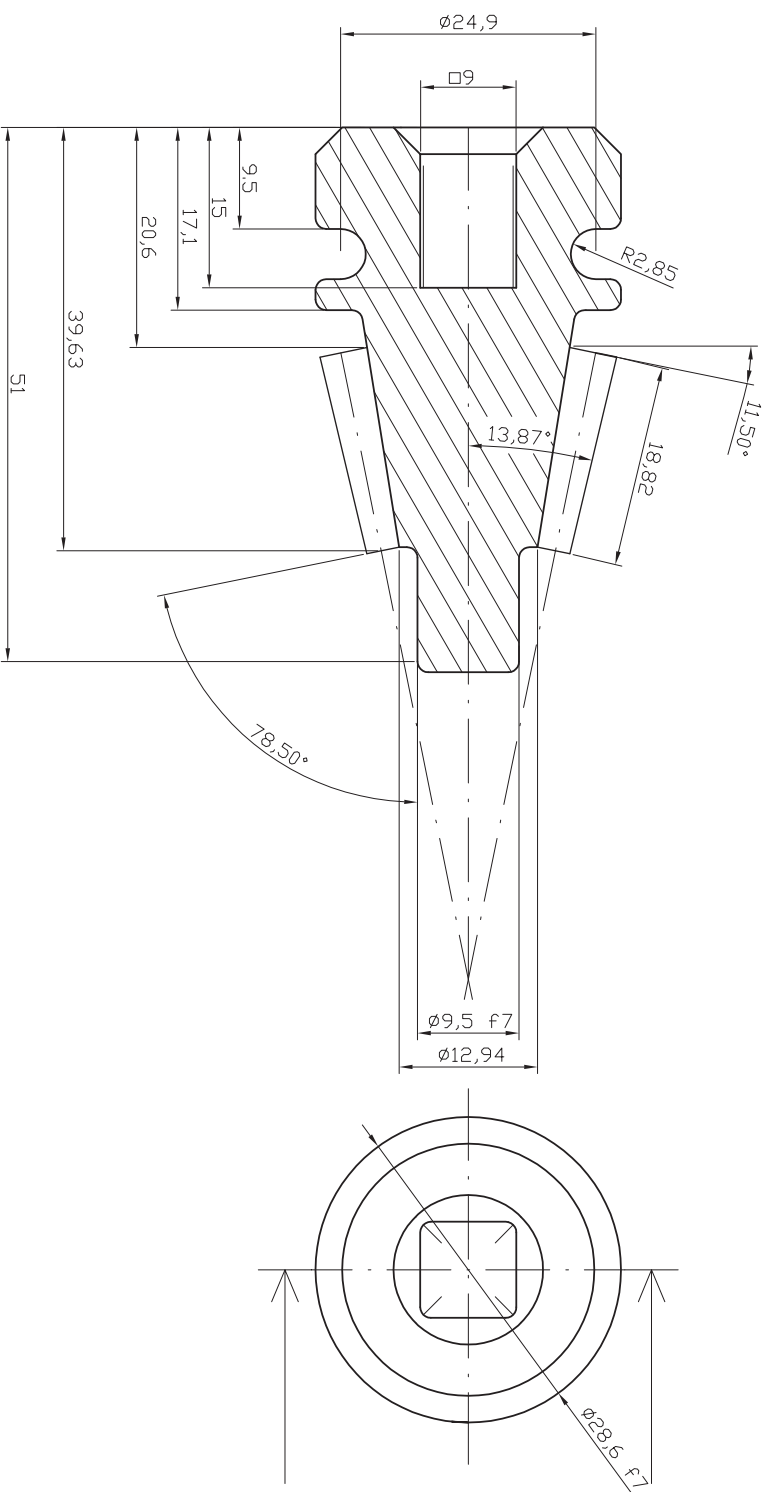
PLANO:

GARRA Nº3

FECHA:
09/02/12


ESCALA:
1:1

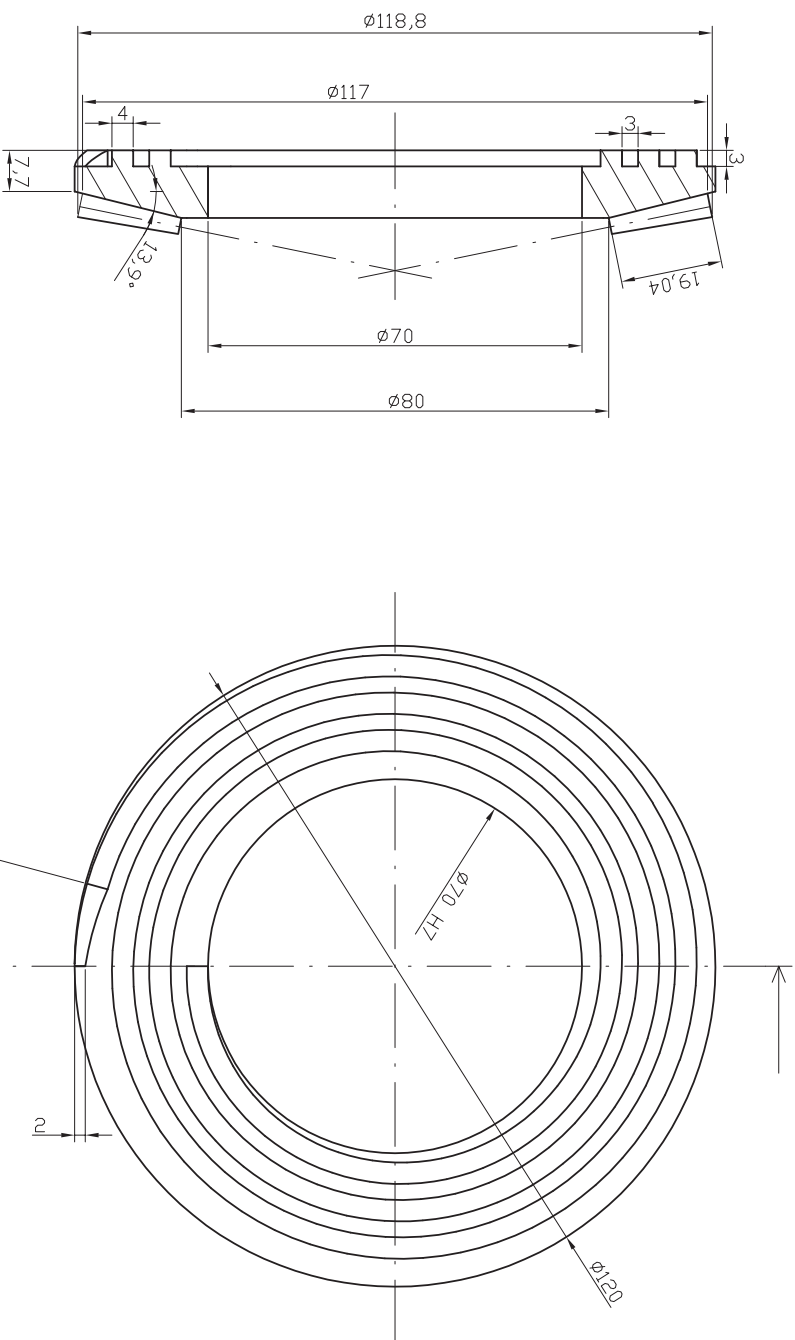
Nº PLANO:
5



DATOS DEL PINÓN		
Módulo normal	m	2
Nº de dientes	Z1	12
Cremallera tipo	UNE 18184	
Diámetro primitivo Dp	24	
ángulo primitivo ϕ_1	11.50°	
Longitud generatriz G	60.21	
ángulo de pie ϕ_0	2.38°	
ángulo entre ejes γ	90°	
Rueda Conjugada	Nº de dientes Z2	59
	Plano nº	7

Radios de redondeo 1 mm
Chafán y avellanado de 2,5x45°
Tolerancias generales: ISO 2768-mK

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES	
PROYECTO: PLATO DE GARRAS		REALIZADO: MENDIGUCHIA GARCIA, ISMAEL		FIRMA:	
PLANO: PIÑÓN		FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:	
		09/02/12	2:1	6	



DATOS DE LA CORONA		
Módulo normal	m	2
Nº de dientes	Z2	59
Cremallera tipo	UNE 18184	
Diámetro primitivo Dp	118	
ángulo primitivo β	78.5°	
Longitud generatriz G	60.21	
ángulo de pie ϕ	2.4°	
ángulo entre ejes γ	90°	
Rueda Conjugada	Nº de dientes Z1	12
	Plano nº	6

Paso de la espiral 7 mm/ vuelta
Tolerancias generales: ISO 2768-mK

Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PLATO DE GARRAS

REALIZADO:
MENDIGUCHIA GARCIA
ISMAEL

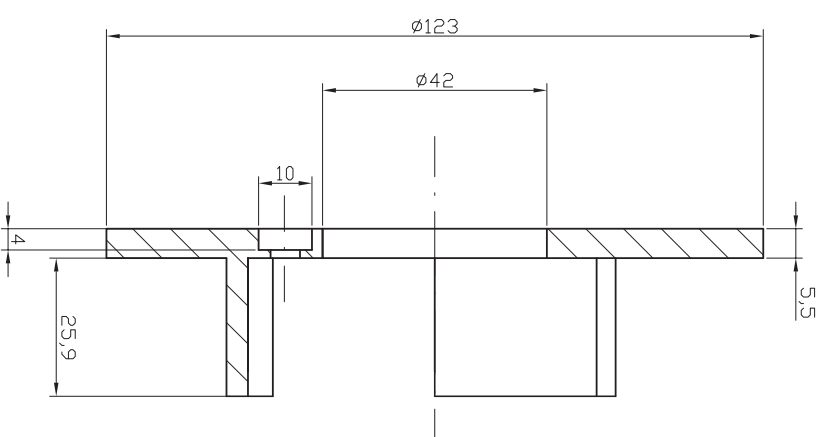
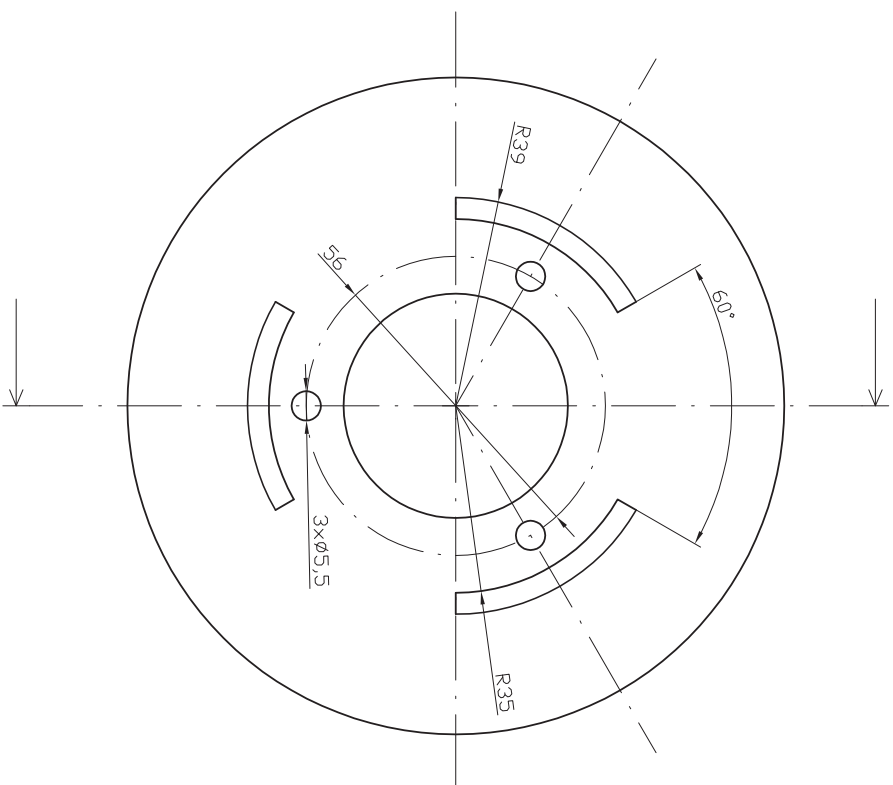
FIRMA:

PLANO:

CORONA

FECHA: 09/02/12
ESCALA: 1:1
Nº PLANO: 7

N12



Tolerancias generales: ISO 2768-mK



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:
PLATO DE GARRAS

REALIZADO:
**MENDIGUCHIA GARCIA
ISMAEL**

PLANO:

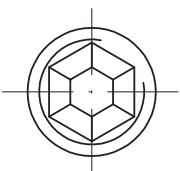
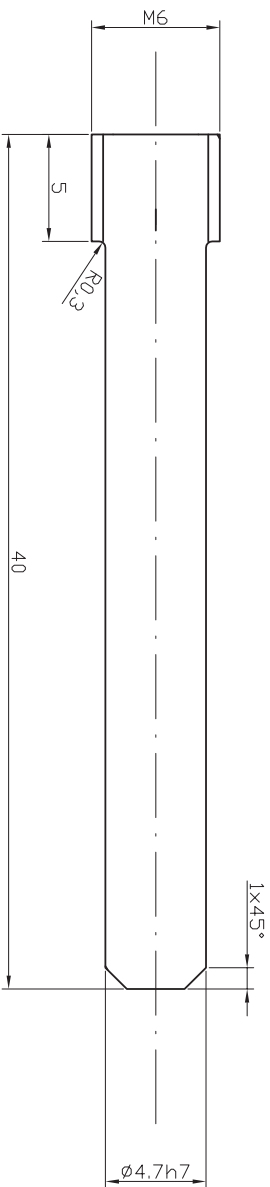
TAPA

FECHA:
09/02/12


ESCALA:
1:1

Nº PLANO:
8

N8



Cabeza Allen M4
Tolerancias generales: ISO 2768-mK

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES	
PROYECTO: PLATO DE GARRAS		REALIZADO: MENDIGUCHIA GARCIA ISMAEL		FIRMA:	
PLANO: TORNILLO DE FIJACIÓN		FECHA: 09/02/12	ESCALA: 4:1	Nº PLANO: 9	



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“CÁLCULO, DISEÑO Y PROCESO DE FABRICACIÓN DE UN
PLATO DE GARRAS”

PLIEGO DE CONDICIONES

Ismael Mendiguchía García

Miguel José Ugalde Barbería

Pamplona, 22 de febrero de 2012

ÍNDICE

4.1- CONDICIONES DE TIPO GENERAL.	2
4.1.1- Objeto de este pliego.....	2
4.1.2- Descripción general del proyecto.	2
4.1.3- Condiciones generales de índole legal.....	2
4.2- CONDICIONES DE LOS MATERIALES.	2
4.3- CONDICIONES DE LOS ELEMENTOS SUBCONTRATADOS.	2
4.4- CONDICIONES DE LOS EQUIPOS Y ELEMENTOS DE TRABAJO.	3
4.5- SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.	3
4.6- CALIDAD EN EL TRABAJO.	3
4.7- NORMATIVA AMBIENTAL.	3

4.1- CONDICIONES DE TIPO GENERAL.

4.1.1- Objeto de este pliego.

El objeto de este pliego es definir las condiciones en las que ha de realizarse el proyecto, complementando toda la información técnica definida en el resto de documentos de este proyecto.

4.1.2- Descripción general del proyecto.

El proyecto se centra en la producción de un plato de garras autocentrantes, para la provisión de este elemento a una determinada línea de producción de tornos paralelos.

4.1.3- Condiciones generales de índole legal.

El contratista deberá actuar en todo momento de acuerdo a las condiciones especificadas en el Pliego de Condiciones.

El contratista podrá adquirir todo aquello que considere necesario siempre y cuando no vulnere las especificaciones del Pliego de condiciones.

4.2- CONDICIONES DE LOS MATERIALES.

La materia prima para el mecanizado será el acero SAE 1060, que deberá cumplir los requerimientos especificados en el apartado 1.4.7 de la memoria. Se realizarán oportunamente los ensayos necesarios para determinar estas características.

4.3- CONDICIONES DE LOS ELEMENTOS SUBCONTRATADOS.

Para la subcontratación se aplicará la norma UNE 66-101-83 “Principios generales para el control y aceptación de subcontratación”. Los requisitos exigidos para los elementos subcontratados son:

-Tornillería comercial: los tornillos de cabeza cilíndrica deberán respetar lo especificado por la norma DIN-84 (ISO 1207).

-Otros elementos subcontratados: se encontrarán dimensionalmente dentro de las tolerancias especificadas. De no estar definidas, serán de aplicación las tolerancias marcadas por la norma ISO 2768 (mK). Así mismo, su acabado superficial deberá respetar las indicaciones del plano marcadas según la norma UNE 1037 83.

4.4- CONDICIONES DE LOS EQUIPOS Y ELEMENTOS DE TRABAJO.

Todos los equipos deberán estar homologados y calibrados, en condiciones óptimas de utilización y según la normativa vigente.

Todas las máquinas deberán estar en regla y en posesión del certificado CE, así como respetar las normas generales de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Se realizarán todos aquellas chequeos y labores de mantenimiento especificados en el manual de cada máquina, así como todas aquellas que se consideren necesarias por tratarse de maquinaria de segunda mano.

-Será responsabilidad de todo operario realizar una inspección visual sobre el 100% de todas las piezas fabricadas.

-Se realizarán controles de calidad sobre muestras de cada serie, controlando las tolerancias más importantes, y se ensayarán los modelos ya montados.

4.5- SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.

En el ámbito de trabajo será de aplicación el Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo en la Industria de la Fabricación Mecánica.

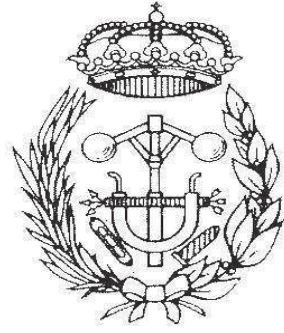
4.6- CALIDAD EN EL TRABAJO.

Las normas y procedimientos de calidad se ejecutarán de acuerdo a las siguientes normas:

- UNE 66-904 “Gestión de la calidad y elementos del sistema de calidad”.
- UNE 66-900 “Normas para la gestión de la calidad y el aseguramiento de la calidad. Directrices para su selección y utilización”.

4.7- NORMATIVA AMBIENTAL.

Las normas relativas a la protección ambiental serán las recogidas por la normativa internacional ISO 14000.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“CÁLCULO, DISEÑO Y PROCESO DE FABRICACIÓN DE UN
PLATO DE GARRAS”

PRESUPUESTO

Ismael Mendiguchía García

Miguel José Ugalde Barbería

Pamplona, 22 de febrero de 2012

ÍNDICE

5.1-INTRODUCCIÓN.	2
5.2- ELEMENTOS SUBCONTRATADOS.....	2
5.3- MATERIA PRIMA.	2
5.4- COSTES DE MECANIZADO.....	2
5.5- GASTOS INDIRECTOS DE MECANIZADO.....	2
5.6- TEMPLADO.....	3
5.7- AMORTIZACIÓN DE MÁQUINAS.	3
5.8-STOCKS “EN CURSO”.....	4
5.9- TRABAJOS “EN CURSO”	4
5.10- RECUPERACIONES Y RECHAZOS.....	4
5.11- GASTOS DIVERSOS.	4

5.1-INTRODUCCIÓN.

En el presente documento se procederá a la justificación económica del proyecto. Para ello, definiremos y aplicaremos el proceso ya detallado en el capítulo 1.8 de la memoria.

Todos los conceptos se harán en base al coste unitario de un conjunto completo. El tiempo que tarda en fabricarse un plato de garras es de 0,630 horas (37,81 minutos), que es el tiempo que permanece la corona en la fresadora horizontal, que sirve de máquina base, y corresponde al tiempo que puede alcanzarse con una adecuada planificación, ya que independientemente de la producción anual se mantendrá una proporción de máquinas de una fresadora horizontal, por cada 1,5 tornos, cada 3,5 fresadoras verticales y 1 generador Gleason. Por ejemplo: 2 fresadoras horizontales, 3 tornos, 7 fresadoras verticales y 2 generadores Gleason.

5.2- ELEMENTOS SUBCONTRATADOS.

Encontramos tres elementos para subcontratación:

- Tornillos DIN-84: Al ser un elemento comercial, se subcontrarán a un precio estimado de 0,30 € la unidad.

- Tornillos de retención: Debido a las exigencias propias de una cabeza normalizada (en este caso una cabeza Allen), se subcontratará, al menos en principio, la fabricación de estos elementos a una empresa especializada, a un precio unitario de 2 € unidad.

- Tapa: al ser una pieza de pequeños espesores, más apta para la embutición que para el mecanizado, se subcontratará este elemento a una empresa especializada en este ámbito, a un precio de 6 € la unidad.

5.3- MATERIA PRIMA.

Las piezas mecanizadas serán de acero SAE-1060, con un precio estimado de 0,46 €/kg. Al tratarse de un trabajo en serie, los tochos podrán comprarse a la medida necesaria sin sobrecoste.

5.4- COSTES DE MECANIZADO.

El coste de mecanizado estimado es de 45 €/hora incluyendo mano de obra y desgaste de herramienta (duración estimada de la herramienta: 60 horas).

5.5- GASTOS INDIRECTOS DE MECANIZADO.

Los gastos indirectos de mecanizado pueden cifrarse en un 2% del coste total de mecanizado.

5.6- TEMPLADO.

Como cálculo orientativo, el coste de templado es de 0,04 €/kg.

5.7- AMORTIZACIÓN DE MÁQUINAS.

Se considerará una amortización a 7 años con un tiempo de trabajo de 5400 horas al año. Debido a la actual situación, se ha valorado y concretado la posibilidad de comprar maquinaria de segunda mano, siempre y cuando cumpla con las exigencias y se encuentre en buen estado. Para tomar una referencia del coste, se han elegido los siguientes modelos, todos ellos dentro de los requisitos detallados en los cálculos justificativos:

-Fresadora vertical (Centro de mecanizado vertical CNC):

- Modelo: Mav Digma 500
- Precio de venta: 76100 €

$$Amortización_{fv} = \frac{76100 \text{ €}}{7 \text{ años}} \times \frac{\text{año}}{5400 \text{ horas}} \times \frac{0,63 \text{ horas}}{\text{conjunto}} = 1,266 \text{ €/conjunto}$$

-Fresadora horizontal (Centro de mecanizado horizontal CNC):

- Modelo: Borla 1000
- Precio de venta: 15600 €

$$Amortización_{fh} = \frac{15600 \text{ €}}{7 \text{ años}} \times \frac{\text{año}}{5400 \text{ horas}} \times \frac{0,63 \text{ horas}}{\text{conjunto}} = 0,260 \text{ €/conjunto}$$

-Torno CNC:

- Modelo: Storebro STB 2000.
- Precio de venta: 13500 €

$$Amortización_t = \frac{13500 \text{ €}}{7 \text{ años}} \times \frac{\text{año}}{5400 \text{ horas}} \times \frac{0,63 \text{ horas}}{\text{conjunto}} = 0,225 \text{ €/conjunto}$$

-Generador Gleason:

- Modelo: Gleason 6520-11.
- Precio de venta: 18600 €.

$$Amortización_{gG} = \frac{18600 \text{ €}}{7 \text{ años}} \times \frac{\text{año}}{5400 \text{ horas}} \times \frac{0,63 \text{ horas}}{\text{conjunto}} = 0,31 \text{ €/conjunto}$$

5.8-STOCKS “EN CURSO”.

Tal como quedó detallado en la memoria, se estima en un 28% del coste de las mecanizaciones.

5.9- TRABAJOS “EN CURSO”.

Tal como quedó detallado en la memoria, se estima en un 2,5% del coste de stocks “en curso”.

5.10- RECUPERACIONES Y RECHAZOS.

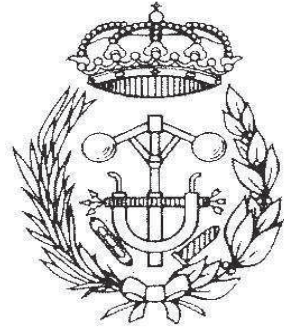
Tal como quedó detallado en la memoria, se estima en un 25% del coste de mecanizado.

5.11- GASTOS DIVERSOS.

La estimación se hace aplicando un factor del 2,5 al salario de cada operario.

$$GD = 2,5 \times 8 \text{ operarios} \frac{8 \text{ €}}{\text{hora} \times \text{operario}} \times \frac{0,63 \text{ horas}}{\text{conjunto}} = 100,8 \text{ €}$$

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1-Elementos subcontratados			
1.1-Tapa	1 pieza	6 €/unidad	6,00 €
1.2-Tornillo de retención	3 pieza	2 €/unidad	6,00 €
1.3-Tornillo DIN-84	3 piezas	0,1 €/unidad	0,30 €
2-Materia prima			
2.1-Bloque	11,697 kg	0,46 €/kg	5,38 €
2.2-Garra nº1	0,602 kg	0,46 €/kg	0,28 €
2.3-Garra nº2	0,602 kg	0,46 €/kg	0,28 €
2.4-Garra nº3	0,602 kg	0,46 €/kg	0,28 €
2.5-Corona	2,023 kg	0,46 €/kg	0,93 €
2.6-Piñones	1,128 kg	0,46 €/kg	0,52 €
3-Costes de mecanizado			
3.1-Bloque	1,07 horas	45 €/h	48,12 €
3.2-Garra nº1	0,30 horas	45 €/h	13,63 €
3.3-Garra nº2	0,30 horas	45 €/h	13,63 €
3.4-Garra nº3	0,30 horas	45 €/h	13,63 €
3.5-Corona	0,98 horas	45 €/h	44,11 €
3.6-Piñones	1,34 horas	45 €/h	60,45 €
4-Gastos indirectos de mecanizado		2% sobre Coste mecanizado	3,87 €
5-Templado			
5.1-Bloque	5,375 kg	0,04 €/kg	0,22 €
5.2-Garra nº1	0,245 kg	0,04 €/kg	0,01 €
5.3-Garra nº2	0,245 kg	0,04 €/kg	0,01 €
5.4-Garra nº3	0,245 kg	0,04 €/kg	0,01 €
5.5-Corona	0,641 kg	0,04 €/kg	0,03 €
5.6-Piñones	0,351 kg	0,04 €/kg	0,01 €
6-Costes de amortización			
6.1-Fresadora verticales	3,5 máquinas	1,268 €/máquina	4,44 €
6.2-Torno	1,5 máquinas	0,225 €/máquina	0,34 €
6.3-Fresadora horizontales	1 máquina	0,26 €/máquina	0,26 €
6.4-Generador Gleason	1 máquina	0,31 €/máquina	0,31 €
7-Stocks "en curso"		28% sobre coste mecanizado	56,35 €
8-Trabajo "en curso"		25% sobre coste Stocks	14,09 €
9-Recuperaciones y rechazos		2,5% Sobre coste total mecanizado	4,94 €
10-Gastos diversos		2,5 de salarios de operarios	100,80 €
Total Ejecución			399,21 €
Beneficio Industrial		15%	59,88 €
IVA		18%	82,64 €
Total con IVA			541,72 €



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

“CÁLCULO, DISEÑO Y PROCESO DE FABRICACIÓN DE UN
PLATO DE GARRAS”

BIBLIOGRAFÍA

Ismael Mendiguchía García

Miguel José Ugalde Barbería

Pamplona, 22 de febrero de 2012

ÍNDICE

6.1- LIBROS Y DOCUMENTOS CONSULTADOS.	2
6.2-PÁGINAS DE INTERNET.	3

6.1- LIBROS Y DOCUMENTOS CONSULTADOS.

- P. Coca; J. Rosique. *TECNOLOGÍA MECÁNICA Y METROTECNIA*. Ed. Pirámide 1996
- Carmelo J. Luis Pérez, Miguel J. Ugalde Barbería, Ignacio Puertas Arbizu, Lucas Álvarez Vega. *GUIONES DE PRÁCTICAS DE METROLOGÍA DIMENSIONAL*. UPNA 2001.
- Carmelo J. Luis Pérez. *PROGRAMACIÓN DE MÁQUINAS HERRAMIENTA DE CONTROL NUMÉRICO* Ed. Estudios de la UNED.
- H. Gerling. *ALREDEDOR DE LAS MÁQUINAS-HERRAMIENTA*. Ed. Reverté 1997
- L.A. Casillas. *MÁQUINAS.CÁLCULOS DE TALLER*. L.A. Casillas. Editorial "Máquinas"
- J.M. Lasheras Esteban. *TECNOLOGÍA MECÁNICA Y METROTECNIA*. Editorial Donostiarra 1987
- M.P Grover. *FUNDAMENTOS DE MANUFACTURA MODERNA*. Editorial Prentice Hall 1997
- J.M. Pérez. *TECNOLOGIA MECÁNICA I*. Ed. ETS de Ingenieros Industriales de la UPM 1998
- Jesús Félez; M^a Luisa Martínez. *DIBUJO INDUSTRIAL*. Editorial Síntesis 1999
- C. Preciado; F.J. Moral. *NORMALIZACIÓN DEL DIBUJO TÉCNICO*. Editorial Donostiarra 2004
- José M^a Lasheras, Javier F. Carrasquilla. *CIENCIA DE MATERIALES*. Editorial Donostiarra 1991.
- P. R. Moliner. *ENGRANAJES*. Editorial CPDA. 1980.
- José María Lasheras. *ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL*. Editorial Donostiarra S.A.
- Robert Nadreau. *EL TORNO Y LA FRESADORA*. Editorial Gustavo Gili, S.A.
- HOFFMANN GROUP TRAUB* (Catálogo comercial del grupo Hoffmann).
- *NORMAS UNE, EN, ISO...* Entre otras:
 - UNE 18184
 - DIN 84
 - UNE 1037 83
 - UNE 66-904
 - UNE 66-900
 - ISO 9000
 - ISO 14000
 - UNE –EN-ISO 5455:1996
 - UNE 1 027 95

6.2-PÁGINAS DE INTERNET.

-<http://www.frlp.utn.edu.ar/mecanica/Materias/CNCMH/ClaseDemo.PDF> (Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata)

-<http://www.hoffmann-group.com/> (Catálogo virtual en castellano).

-<http://www.sandvik.coromant.com/sandvik/3200/Internet/Coromant/ES02001.nsf> (Catálogo virtual de Sandvik Coromant).

-<http://www.museo-maquina-herramienta.com/> (Página del museo de la máquina-herramienta de Elgoibar)

-<http://www.grupotdg.com/> (Página del grupo Talleres de Guernica)